Новосибирский государственный аграрный университет





# XIV Международная научно-практическая конференция

посвященная памяти М. А. Анфиногенова

## «Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования»

# Сборник трудов

МЕХФАК НГАУ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

Новосибирск 2022

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НГАУ 1936

УДК 631; 629; 691

**Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования:** материалы XIV международной научно-практической конференции, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т. – Новосибирск, 2022. – 339 с.

Сборник подготовлен по материалам XIV международной научно-практической конференции «Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования», посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова. На конференции рассмотрены теоретические и методические вопросы по следующим направлениям: анализ и оценка уровня действующих технологий технического сервиса; прогноз в развитии технического сервиса: структура, информационное, материальное и кадровое обеспечение; инновационные технологические решения в рамках задач технического сервиса: диагностика, техническое обслуживание, ремонт, восстановление, утилизация и рециклинг; эффективное использование технологий и технических средств в промышленной и производственной деятельности; совершенствование технологий и средств механизации при производственной эксплуатации машин; современные технологические линии и оборудование для переработки продукции АПК (эксплуатация, обслуживание и ремонт); безопасная эксплуатация технологических и транспортных машин и оборудования; инновационные технологические решения в проектировании и реконструкции предприятий технического сервиса

Материалы сборника предназначены специалистам технического сервиса, научным сотрудникам, аспирантам, магистрантам, преподавателям и студентам профессиональных образовательных учреждений.

**Редакционная коллегия:**

В.Н. Хрянин, А.В. Пчельников, В.В. Коротких, М.А. Попов, А.П. Илясов

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2022

Входит в РИНЦ®: да

УДК 667.6

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ АПК

Н.Н. Горюнов, магистрант[1]
Е.М. Пчельникова, магистрант[1]
А.В. Пчельников, канд.техн.наук[1]
Л.В. Ильиченко, канд. техн. наук, проф.[2]
А.К. Туляганов, директор[3]

[1]*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*
[2]*КГУСТА им. Н.Исанова, г. Бишкек, Кыргызстан*
[3]*ООО ЛКЗ «Колорит»*

***Аннотация.*** В статье представлен анализ нанодобавок для лакокрасочных покрытий, позволяющих повысить их химическую стойкость. Определено, что рациональными добавками являются углеродные нанотрубки, диоксид титана и оксид кремния.

***Ключевые слова*:** добавки, лакокрасочное покрытие, наночастицы, материалы, химические среды, атмосферостойкость, стойкость.

**Актуальность.**

В процессе эксплуатации машин под влиянием атмосферных, химических и механических воздействий, лакокрасочное покрытие тускнеет, теряет свой первоначальный цвет, на нем появляются трещины, царапины, сколы и другие дефекты, способствующие возникновению коррозионных процессов [1].

Лакокрасочные покрытия могут испытывать воздействие различных химических сред: кислорода воздуха и других газов, воды, водных растворов кислот, щелочей, солей, растворителей, жидкого топлива, нефтепродуктов, пищевых продуктов и т. д. Воздействие может быть индивидуальным и комплексным, с участием одной или многих разнообразных сред. Если стойкость материала от химического воздействия окажется недостаточным, произойдёт его разрушение [2].

В связи с этим актуально находить пути обеспечения химической стойкости лакокрасочных покрытий применяемых для техники АПК.

Для улучшения свойств лакокрасочных материалов используются различные добавки. При лакокрасочных материалах и добавок необходимо учитывать свойства отдельных компонентов лакокрасочного материала, а также влияние состава и свойств агрессивной среды как на покрытие, так и на металл. Особую значимость при выборе добавок необходимо обращать на их размерность, наноразмерные добавки позволяют придавать целый комплекс важных свойств создаваемым покрытиям. Оптимальная размерность таких добавок составляет от 1 до 100 нм [1,2]. В связи с этим далее рассмотрим некоторые виды нанодобавок.

**Углеродные нанотрубки.** Представляют собой цилиндрические молекулы, изготовленные из свернутых листов графена. Средний размер частиц от 2 до 100 нм. Они имеют в шесть раз меньшую плотность, чем обыкновенная сталь. Это означает, что материалы на основе углеродных нанотрубок при одинаковом объеме будут в десятки раз прочнее. Также обладают высокой огнестойкостью и устойчивостью к химическому

воздействию. Они могут быть изготовлены различной длины в соответствии с требованиями [3].

**Диоксид титана.** В лакокрасочной промышленности диоксид титана является основным белым пигментом, улучшающим свойства покрытия. Диоксид титана отличает его высокая устойчивость к различным соединениям, нерастворимость в воде и разбавленных кислотах. Диоксид титана обладает исключительной химической стойкостью: он может растворяться только в концентрированной серной кислоте при нагревании. Титановые белила также неплохо справляются в качестве вспомогательного элемента при получении гаммы цветов [4].

**Оксид цинка.** При нанесении толщина этих красок и грунтовок может варьироваться от 10 до 40 нм. Толщина и содержание цинка будут прямо пропорционально влиять на долговечность антикоррозийной защиты. Основная область применения цинковых порошковых красок - защита промышленных сооружений (стальная инфраструктура, трубопроводы, мосты, ветряные мельницы, морские вышки, нефтехимическая и энергетическая промышленность и т. д.) И антикоррозийное покрытие для морских применений (морские контейнеры, строительство и обслуживание судов и морской техники) [5].

Установлено, что форма и размер частиц оксида цинка (цинковых белил) оказывают большое влияние на их качество, в первую очередь определяя их атмосферостойкость, содержащие оксид цинка, и способность данного пигмента вызывать меление красочной пленки. Мелкие частицы обладают способностью ускорять меление красочной пленки.

**Оксид кремния.** Он обладает высокой химической стойкостью, он практически не растворяется в кислотах, однако легко растворяется в щелочах. Средний размер частиц составляет 5 – 60 нм.

В некоторых соединениях наночастицы двуокиси кремния не являются поверхностно-модифицированными. В других соединениях поверхностно-модифицированные наночастицы могут обеспечить улучшенную равномерность дисперсии. Предполагается, что модификация поверхности увеличивает пространственное или электростатическое стабилизационное воздействие между частицами, не допуская их связи вместе, чтобы становиться больше, не допуская неравномерного накапливания в зависимости от природы и молекулярного размера модифицирующего средства.

В различных средах пыль, грязь, масляные вещества и растворители являются основными загрязнителями, которые постоянно образовывают осадок или из сухого состояния, или из жидкости, например, дождевая вода на объектах, таких как транспортные средства, дорожные знаки, здания и тому подобное. Гидрофильные защитные поверхности могут снизить или устранить данные загрязнения и обеспечить легкость очистки поверхности - без использования моющих и мыльных средств. [6].

**Оксид хрома.** Представляет собой зеленый пигмент с оттенками от желтого до синего цвета. Имеет такие свойства как: нерастворимость в кислотах и щелочах, а также устойчивость к свету. Средний размер частиц составляет около 40 нм. Применяется для изготовления всех видов лакокрасочных материалов.

Внешне этот неорганический краситель выглядит как мелкий порошок зеленого цвета. Его природа полностью химическая, что позволяет использовать его в автомобильной промышленности и для создания лакокрасочных изделий для внешних отделочных работ. Краска, изготовленная из этого пигмента, станет очень долговечной и не нанесет вреда здоровью человека, ведь ее свойства не меняются в зависимости от температуры, воздействия воды и сырости [7].

**Оксид алюминия.** Представляет собой порошок серебристого цвета. При добавлении красящего пигмента, краска может приобрести бронзовый или золотистый цвет. Таким образом, на основе порошка создаются красящие вещества разных цветов, с характерным металлическим блеском. Средний размер частиц 20 – 100 нм.

Имеет свойство отражать солнечный свет, что хорошо сказывается на долговечности покрытия. Так же имеет высокие защитные качества, материалы, окрашенные с применением этой добавки, обеспечивают корозионностойкость и химическую прочность [8].

**Оксид марганца.** Точнее мы используем марганцовку небесно-голубого цвета.

Размер её частиц от 10 до 100 нм. Обладает высокой стойкостью к свету и атмосферных влияний. Она крайне устойчива в щелочах, но легко растворяется кислотами и водными растворами сульфатов. Соляная кислота высокой концентрации не разлагают марганцовку голубую не при нагревании, ни на холоде.

Обладает крайне низкой укрывистостью и интенсивностью, чем хорошо себя зарекомендовала себя в производстве художественных красках [9].

*Таблица 1*

Характеристики и свойства добавок

| № | Добавка | Свойства | Степень влияния | Удельная поверхн-ость, $м^2/г$ | Насыпная плотность $г/см^3$ | Стоим-ость руб/кг |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Углеродные нанотрубки УНТ | Хим. Стойкость<br>Мех. Прочность<br>Огнестойкость<br>Электропровод.<br>Атмосферостойкость | ++++<br>+++<br>++<br>+++<br>++ | 2600 | 0,025 – 0,06 | 310000 |
| 2 | Оксид титана $TiO_2$ | Хим. Стойкость<br>Мех. Прочность<br>Огнестойкость | +++<br>+++<br>+ | 30 - 300 | 4,1 | 29000 |
| 3 | Оксид цинк (ZnO) | Хим. Стойкость<br>Мех. Прочность<br>Огнестойкость<br>Атмосферостойкость | ++<br>++<br>++<br>+ | 90 | 0,4 - 1 | 21000 |
| 4 | Оксид кремния $SiO_2$ | Хим. Стойкость<br>Мех. Прочность<br>Огнестойкость | +++<br>++<br>+ | 600 | 2,13 – 2,73 | 12000 |
| 5 | Оксид хрома $Cr_2O_3$ | Хим. Стойкость<br>Мех. Прочность<br>Огнестойкость<br>Износостойкость<br>Устойчивость к свету | +++<br>++<br>++<br>++<br>+++ | 6 - 7 | 5,21 – 5,23 | 20000 |
| 6 | Оксид алюминия $Al_2O_3$ | Хим. Стойкость<br>Мех. Прочность<br>Износостойкость<br>Устойчивость к свету | ++<br>++<br>+<br>+ | 110 - 300 | 0,6 – 1,7 | 27000 |
| 7 | Оксид марганца $Mn_2O_3$ | Хим. Стойкость<br>Устойчивость к свету<br>Атмосферостойкость | +<br>+<br>++ | 35 - 150 | 3,58 | 6000 |

Заключение

В результате анализа наномодификаторов можно сделать вывод, что для обеспечения высокой химической стойкости покрытий наиболее целесообразно применять углеродные нанотрубки, диоксид титана, оксид кремния. Так как данные добавки обладают высокой

способностью сопротивляться различным химическим воздействиям, а также придают покрытию дополнительные качества: атмосферостойкость и механическую прочность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование процесса и способы оценки горения защитных покрытий металлических конструкций и оборудования / А. В. Пчельников, А. П. Пичугин, В. Ф. Хританков, Е. А. Волобой // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2020. – № 6(738). – С. 81-90. – DOI 10.32683/0536-1052-2020-738-6-81-90. – EDN SZFISS.

2. Влияние конструктивных особенностей шнека жатки и наработки уборочного комбайна на интенсивность изнашивания лакокрасочного покрытия днища и шнека жатки / Ю. Н. Блынский, Ю. А. Гуськов, В. Н. Хрянин [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 10(121). – С. 120-125. – EDN WVOWGT.

3. Углеродные нанотрубки, их производство, свойства и приминение. [Электронный ресурс]. URL: https://втораяиндустриализация.рф/uglerodnyie-nanotrubki-ih-proizvodstvo-svoystva-i-primenenie/ (дата обращения: 24.10.2022)

4. Белые пигменты [Электронный ресурс]. URL: http://lkmprom.ru/clauses/entsiklopediya/dioksid-titana/ (дата обращения: 24.10.2022)

5. Цинковые белила [Электронный ресурс]. URL: https://zavodbelhim.ru/oksid-cinka-antikorozionnyj-pigment-dlja-lkm/ (дата обращения: 24.10.2022)

6. Покрытия на основе двуокиси кремния [Электронный ресурс]. URL: https://findpatent.ru/patent/251/2519258.html (дата обращения: 24.10.2022)

7. Пигментная окись хрома [Электронный ресурс]. URL: https://www.chem21.info/info/979980/ (дата обращения: 25.10.2022)

8. Производство лакокрасочных материалов в составе с гидроксидом алюминия [Электронный ресурс]. URL: https://metalstanki.com.ua/node/12668 (дата обращения: 25.10.2022)

9. Марганцовые пигменты [Электронный ресурс]. URL: http://kraska.biz/ximiya-i-texnologiya-pigmentov/margancovye-pigmenty/ (дата обращения: 25.10.2022)

УДК 621.45.038.72

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАЗКИ ПВК ПРИ ПОСТАНОВКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ХРАНЕНИЕ.

А.С. Демкин, магистрант
В.В. Тихоновский канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье представлены результаты эксперимента по определению вязкостно-температурной характеристики защитной смазки ПВК. Полученные результаты позволяют оценить эффективность действия ПВК и способ её нанесения на поверхность с учётом вязкости, и определить в диапазоне от 90 °С до 55 °С до какой температуры ее необходимо нагревать.

***Ключевые слова:*** коррозия, защитное антикоррозионное покрытие ПВК, температура, вязкость.

Процесс разрушения, связанный с коррозией влечет за собой ряд больших проблем, включающих в себя, износ узлов рабочих органов и поверхностей рабочих агрегатов, ухудшают их прочность, что ведет к их разрушению, и уменьшению ресурса агрегата. Поэтому следует защищать рабочие органы узлов и агрегатов машин специальными

антикоррозионными составами. Разрушения от коррозионного воздействия приводят каждый год к большим убыткам, и решение данной проблемы является важной научно-технической задачей. Самая большая проблема это потери от коррозии, в процессе хранения, так как стоимость деталей является огромной..

Само понятие коррозия называют самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. Защита поверхностей от разрушения коррозии обеспечивается правильной подготовкой поверхности и качеством используемых лакокрасочных, полимерных покрытий, а также способом их нанесения. [1].

Целью данной работы является оценка результата эффективного действия противокоррозионной смазки ПВК («пушечное сало») за счёт изменения температуры, вязкости и скорости ее движения.

Существуют два вида движения это кинематическое и динамическое движения.

Кинематическое движение обусловлено тем что оно зависит от скорости движение самой жидкости под воздействием силы тяжести.

Динамическое движение напрямую зависит от температуры, чем выше температура тем самым вязкость больше.

Сама смазка ПВК обладает рядом следующих свойств.

Пушечная смазка (ПВК) изготавливается из нефтяного масла, загущенного петролатумом и церезином; содержит усиленную антикоррозионную присадку. [3].

Преимущества:

Несмотря на установленный стандартом ОКП 02 5451 0200 гарантийный срок хранения смазки – она может без всякого ущерба сохранять работоспособность до 10 лет благодаря стабильности своих свойств. Сама же смазка ПВК имеет широкий профиль применения для консервации механизмов изделий а так же отдельных узлов и агрегатов при постановке на хранения сельскохозяйственной и другой техники. Так же она прекрасно защищает от коррозии и других внешних воздействий металлических изделий разных размеров и габаритов, которые хранятся в специализированных помещениях предназначенные для этого, так хорошо защищает под навесами и так же на открытых площадках в диапазоне температур до -50 °С (но следует помнить, что при попадании атмосферных осадков или прямых солнечных лучей защитные свойства смазки могут понизиться). Эффективно останавливает процессы окисления и предотвращает появление новых очагов коррозии. Имеет прекрасные характеристики благодаря высоким показателям удержания на различных поверхностях. Благодаря чему это способствует удерживание её на нанесённую поверхность. Исходя из анализа всех видов смазок, выбор пал на именно эту смазку (ПВК). Так как она обладает всеми рядом свойств к защите от коррозии и можно наносить на ряд любых поверхностей. [2].

Были проведены следующие опыты с учётом вязкости от температуры.

Данная смазка была нагрета до температуры 90 °С и с помощью вискозиметра определяли вязкость жидкости при понижении температуры. Тем самым наблюдали что, с понижением температуры вязкость становилась больше.

Определение вязкости проверяли двумя способами за счёт кинематического и динамического движения. На данном графике видим, что вязкость смазки ПВК с учётом температур изменяется, это видно по графику изброжённого на рисунке -1 .

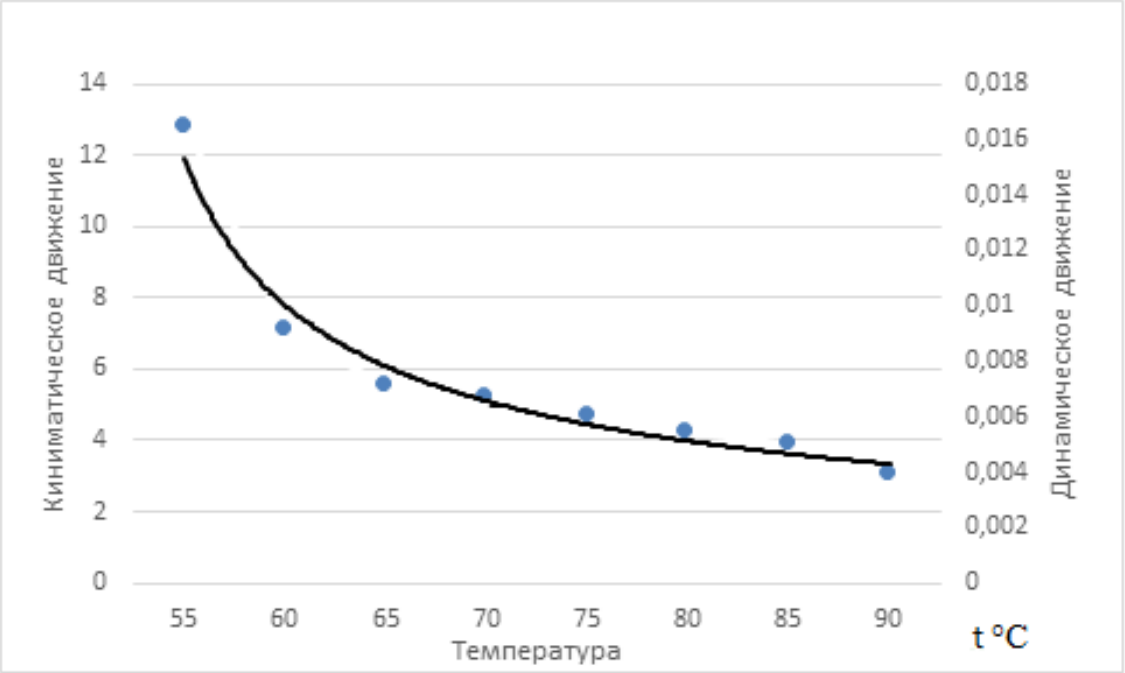



Рис 1- определения зависимости температуры от вязкости по кинематическому и динамическому движению.

Исходя из этого можно сделать вывод что в период температуры от 90 до 65 °C незначительно увеличивается, а от 65 до 55 °C вязкость резко увеличивается. Так же это видно и по графику динамического движения. Для определения динамического движения жидкости, определяем по следующим показателям. Формула динамического движения (вязкости) n= $\frac{V}{P}$- где v-кинематическое движения, p- плотность жидкости, тем самым по показателям кинематического движения легко определить динамическое движения.

Вывод:

По результатам проведенных исследований консервационного материала ПВК можно сделать следующие выводы, чем выше температура тем вязкость увеличивается. Это было наглядно продемонстрировано на (рис-1) по графикам динамического кинематического движения, так как одно движение зависит от другого. Из этого можно сделать заключение что температуру до которой необходимо нагревать данную смазку ПВК это от 90 °C до 55 °C.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлыков, А. Е. Сравнительный анализ ингибиторов коррозии / А. Е. Шлыков, Е. М. Тарукин, А. А. Калашов // Аграрный научный журнал. – 2018. – №8. – С. 68-71
2. Сборник вузовской конференции «Актуальные проблемы агропромышленного комплекса» Применения защитных материалов при хранении техники в хозяйствах Новосибирской области \Демкин А.С студент магистрант., Кемелев В.С. канд. техн. наук, доцент Новосибирский государственный аграрный университет. . – 2021. С. 29-30
3. Сохраняемость и противокоррозионная защита техники в сельском хозяйстве / В.И. Черноиванов, А.Э. Северный, А.Н. Зазу- ля и др. – М.: Изд-во ГОСНИТИ, 2009. – 240 с.

УДК 665.765

# ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ, ЗАТРУДНЯЮЩИЕ ПУСК ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

А.С. Ильиченков, Ю.В. Зверев, Танга П.Т.
*Новосибирское высшее военное командное училище*

***Аннотация.*** Работа посвящена изучению основных причин, затрудняющих пуск дизельных двигателей в условиях низких температур, а также даны рекомендации по снижению отрицательного влияния различных факторов на надежность работы и сроки службы машин.

***Ключевые слова:*** пуск двигателя, температура окружающей среды, снижение работоспособности.

Понижение температуры окружающей среды ниже 0°С вызывает ряд особенностей эксплуатации техники. Вследствие изменения физико-химических свойств эксплуатационных материалов ухудшается самовоспламенение топлива, увеличивается момент сопротивления проворачивания коленчатого вала двигателя, снижается работоспособность аккумуляторных батарей, что увеличивает время приведения техники в готовность к использованию [1].

Обеспечение пуска двигателей является главнейшей проблемой эксплуатации машин зимой. Поэтому большая часть мероприятий связана именно с подготовкой двигателей к пуску и их пуском.

Увеличение сопротивления вращению коленчатого вала сопряжено, во-первых, с повышением вязкости масла при понижении температуры, во-вторых, с уменьшением зазоров сопрягаемых деталей, в следствие различий коэффициентов линейного расширения неоднородных металлов. Это приводит к снижению частоты вращения коленчатого вала и перемещения поршней в цилиндрах, и как следствие, к уменьшению давления в конце такта сжатия (герметичность камер сжатия в двигателях с понижением температуры окружающей среды ухудшается, потому что более вязкое масло не заполняет в зазоры между поршнем и гильзой и перестает выполнять свои герметизирующие функции) и температуры сжатого воздуха [2].

Основное влияние на величину момента сопротивления оказывает загустевание масла в опорах коленчатого вала и в меньшей степени – между поршнями и гильзами. При понижении температуры до -20°С доля сопротивления в опорах коленчатого вала возрастает до 60%, это объясняется уменьшением и искажением формы рабочих зазоров между шейками коленчатого вала и их опорами из-за разности коэффициентов линейного расширения материалов этих деталей.

На ухудшение самовоспламенения топлива в основном влияют две причины: снижение температуры воздуха в конце такта сжатия вследствие того, что и стенки цилиндров двигателя, и засасываемый воздух стали более холодными; ухудшение качества распила топлива вследствие повышения их вязкости.

Понижение температуры окружающей среды влияет также и на физико-химические свойства топлив. Для осуществления быстрого запуска большое значение имеют пусковые обороты двигателя. По известным причинам с понижением температуры окружающей среды пусковые обороты, при прочих равных условиях должны быть большими, для того чтобы уверенно запустить двигатель.

Обеспечение необходимой для уверенного пуска скорости вращения коленчатого вала затрудняется не только из-за увеличения момента сопротивления проворачиванию, но и в следствие понижения работоспособности источников энергии для средств пуска. Особенно это касается аккумуляторных батарей. С понижением их температуры уменьшается емкость и быстро снижается напряжение под нагрузкой. В результате стартер не обеспечивает

необходимого крутящего момента и пусковые обороты коленчатого вала двигателя снижаются. Предельной температурой, при которой аккумуляторная батарея практически перестают быть работоспособными, является -30˚С.

Трудность запуска двигателей вооружения и техники при низкой температуре атмосферного воздуха определяет собой сложные и напряженные условия работы стартерных пусковых устройств в зимнее время. В этих условиях по сравнению с летними условиями для проворачивания коленчатого вала холодного двигателя от стартерного устройства требуется отдача повышенных крутящих моментов и увеличенный запас пусковой энергии.

При понижении температуры электролита в стартерной аккумуляторной батарее в значительных пределах изменяются его физико-химические свойства. В зависимости от температуры электролита изменяется его удельное электрическое сопротивление.

Зависимость между этими величинами может быть выражена следующей формулой [3]:

$$R+R_0\,[1 - a(t-t_0)], \qquad (1)$$

где $R$ и $R_0$ – удельные электрические сопротивления электролита, соответствующие температурам $t$ и $t_0$;

$a$ – температурный коэффициент для данной концентрации серной кислоты в электролите.

В среднем можно считать, что удельное электрическое сопротивление электролита возрастает на 1,5% при понижении его температуры на 1°С. Таким образом, при понижении температуры электролита от плюс 20 до минус 20°С его удельное электрическое сопротивление повышается на 60%.

Напряжение на зажимах аккумуляторной батареи при ее разряде выражается формулой:

$$V_p=E_b - I_p r, \qquad (2)$$

где $E_b$ - электродвижущая сила батареи;

$I_p$ – величина разрядного тока;

$r$ – внутреннее сопротивление батареи.

Однако необходимо иметь в виду, что внутреннее со противление свинцово кислотных аккумуляторных батарей ($r$ в формуле 2) очень невелико, поэтому значительное влияние на падение рабочего напряжения на зажимах аккумуляторных батарей оно оказывает только при разряде их токами большой величины. Последнее как раз и наблюдается при запуске автомобильных и в особенности танковых двигателей в зимнее время, когда установившаяся величина потребляемого электрическим стартером тока нередко достигает 1000 А и более, вследствие чего произведение $I \times r$ может составлять уже практически ощутимую величину в несколько вольт.

Еще большее влияние на падение рабочего напряжения аккумуляторных батарей, особенно при кратковременной разрядке их большими токами, оказывает изменение электродвижущей силы $E_b$.

При замыкании аккумуляторной батареи на внешнюю цепь, т.е. при разряде батарей, возникает так называемая электродвижущая сила поляризации, снижающая результирующую электродвижущую силу батареи. Возникновение электродвижущей силы поляризации вызывается изменением концентрации электролита в порах активной массы пластин, а при продолжит разряде, кроме того, изменением состава пластин вследствие образования сульфата свинца.

При низкой температуре электролита, следовательно, и высокой его вязкости восстановление концентрации электролита в порах активной массы пластин за счет

диффузии электролита замедляется, что усиливает снижение электродвижущей силы аккумуляторной батареи и приводит к повышенному падению ее рабочего напряжения. Особенно сильно это проявляется при разряде батареи большими токами, когда результирующее падение рабочего напряжения аккумуляторной батареи может достигнуть при холодном электролите 50% и более.

Еще большей величины достигает падение напряжения аккумуляторной батареи под нагрузкой при низкой температуре электролита в тех случаях, когда батарея заряжена не полностью. В разряженном аккумуляторе внутреннее сопротивление увеличивается дополнительно вследствие образующегося на пластинах элементов аккумуляторной батареи слоя кристаллического сернокислого свинца $PbSO_4$ (сульфата свинца), плохо проводящего электрический ток, а также за счет сопротивления электролита, возрастающего при понижении его концентрации, наблюдающейся при разряде аккумулятора. Наличие сульфата свинца увеличивает также электродвижущую силу поляризации.

Понижение температуры аккумуляторной батареи сильно увеличивает вязкость электролита. Электролит повышенной вязкости медленно проникает в поры активной массы пластин аккумуляторных элементов, вследствие чего действительная емкость (полезная отдача) аккумуляторной батареи, особенно при разряде ее токами большой величины, как это имеет место при работе стартера, значительно уменьшается.

В результате в зимних условиях действительная емкость аккумуляторных батарей составляет в лучшем случае 50-60% их номинальной емкости. При разряде же токами большой величины (работа стартера) действительная емкость аккумулятора в зимнее время составит не более 30-40% номинальной емкости. В зимнее время приходится также считать с возможностью замерзания электролита в аккумуляторных батареях во время стоянки машин.

Вследствие замерзания электролита в батареях разрушаются банки элементов, и высыпается активная масса из решеток пластин, т.е. аккумуляторная батарея выходит из строя.

В частности, аккумуляторная батарея, получившая в конце заряда плотность электролита, равную 1,31 г/см, как это рекомендуется в зимнее время для северных районов, даже в заряженном состоянии подвергается опасности замораживания лишь при температуре ниже минус 20˚С. В тоже время электролит, имеющий плотность в конце заряда батареи 1,24 г/см может замерзнуть уже при температуре -7˚С.

Поскольку решающее влияние на пуск двигателя оказывают увеличение момента сопротивления проворачиванию коленчатого вала, ухудшение самовоспламенения топлива и снижение работоспособности аккумуляторных батарей, то и мероприятия рассмотрим в соответствующей последовательности.

Уменьшение момента сопротивления возможно двумя способами:

- предпусковым разогревом двигателя и, таким образом, уменьшением вязкости моторного масла до величины, достаточной для обеспечения поступления его к узлам трения;

- путем использования специальных маловязких масел (зимних).

К числу основных мероприятий, направленных на улучшение условий самовоспламенения топлива, следует отнести [2]:

- предпусковой разогрев двигателя (стенок и цилиндра головки блока);

- подогрев всасываемого воздуха;

- увеличение пусковых оборотов двигателя;

- улучшение герметичности камеры сжатия;

- применение пускового топлива с более низкой температурой самовоспламенения;

- постановка на двигатели устройств, способствующих повышению его пусковых качеств.

Предпусковой разогрев двигателя осуществляется с целью повышения температуры стенок цилиндров и головок блоков. Этим самым обеспечивается необходимая температура засасываемого и сжимаемого воздуха. Эмпирическим путем получена формула для

определения необходимой при предпусковом разогреве величины температуры стенок цилиндров в зависимости от температуры окружающей среды:

$$t_ц = [t_{окр.среды}] + 10, \quad (3)$$

где $t_ц$ - температура цилиндра;

$t_{окр.среды}$ - температура окружающей среды.

Согласно этой формуле при температуре окружающей среды $t_{окр.среды}$ = 20°С стенки гильз цилиндров нужно разогревать до 30°С.

Предпусковой разогрев нашел самое широкое применение в практике, как способ наиболее эффективного облегчения пуска двигателей. Он имеет большую историю и дошел до наших дней как основной способ, но в то же время работа подогревателя ведет к разряду аккумуляторных батарей, если не использовать внешний источник электроэнергии.

Подогрев всасываемого воздуха имеет целью поднять его температуру в конце такта сжатия. Сравнительно высокая эффективность этого способа – нагрев всасываемого воздуха примерно на 20˚С – явилось причиной того, что на современных машинах устанавливаются специальные устройства для этой цели.

В качестве пускового топлива могут применяться пусковые жидкости, приготовленные на основе эфиров, с добавлением небольшого количества маловязкого масла.

Результаты испытаний показали, что пусковая жидкость может быть рекомендована при запуске двигателей, имеющих температуру -35°С. Вопрос о применении пусковых жидкостей вообще должен решаться в комплексе с решением другой проблемы — обеспечением подачи масла ко всем узлам трения. Необходимо всегда помнить, что задача заключается не только в том, чтобы запустить двигатель, а в большей степени в том, чтобы этот пуск не вызвал катастрофических износов деталей. И, таким образом, был вообще последним в “жизни” данной машины. Поэтому пусковые жидкости могут применяться лишь только в том случае, когда решена задача обеспечения смазкой трущихся деталей двигателя в пусковой период [1].

Чаще всего применение пусковых жидкостей, как весьма эффективного средства при очень низких температурах (-35˚С и ниже), рассматривается в комбинации с использованием маловязких масел без предпускового разогрева (“холодный” пуск) или с непродолжительным разогревом. Однако необходимо иметь в виду, что применение пусковых жидкостей требует специального оборудования; двигатель после пуска развивает недопустимо большие обороты; работает жестко; наблюдаются большие износы узлов трения.

Средства, облегчающие запуск двигателя, можно разделить на 2 основные группы, устройства, способствующие надежному воспламенению топлива или рабочей смеси, и устройства, уменьшающие сопротивление прокручиванию коленчатого вала. Кроме того, существуют комбинированные устройства.

К первой группе относятся устройства:

-подогрева поступающего в цилиндры воздуха;

-свечи накаливания;

-повышающие степень сжатия при запуске;

-применение легкоиспаряющегося и легковоспламеняющегося топлива.

К устройствам второй группы относятся:

- декомпрессоры;

-устройство подогрева масла.

Таким образом, на основе анализа основных причин, затрудняющих пуск дизельных двигателей, в условиях низких температур, каковыми являются увеличение момента сопротивления проворачиванию коленчатого вала, ухудшение условий самовоспламенения топлива и снижение работоспособности средств пуска, выявляется их отрицательное влияние на время подготовки к пуску и непосредственно самого пуска силовой установки.

Рассмотрен комплекс мероприятий по повышению надежности пуска. В настоящее время самое широкое применение в практике, как наиболее эффективный способ облегчения пуска двигателя, нашел предпусковой разогрев двигателя (стенок цилиндра головки блока) [2].

В современных двигателях общий подогрев осуществляется включением в систему охлаждения двигателя специального форсуночного подогревателя.

Системы существующие в настоящее время, позволяющие подготовить силовые установки техники к пуску в условиях низких температур, а также обеспечить надежный пуск, имеют существенный недостаток в вопросах автоматизации процессов подготовки к пуску, предотвращения вывода систем и в целом образца из строя, контроля работы средств повышения надежности пуска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьев М.О. Эксплуатация бронетанковой техники. Москва, Издание академии. 1975 г.

2. Карпенко В.Г. Зимняя эксплуатация колесных и гусеничных машин. Москва, Воениздат. 1988 г.

3. Магушев В.А. Основы теории и конструкции двигателей внутреннего сгорания ч.1. Москва, Воениздат. 1983 г.

УДК 629.365

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕХАНИЗМА СНАБЖЕНИЯ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ В УСЛОВИЯ АО «МАЯК»

Р.К. Кикибаев, магистрант
В.В. Коротких, канд. техн. наук
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье представлено исследовательская работа применительно к условиям АО «Маяк». В ходе исследования было выявлены факторы, отрицательно влияющие на эффективность снабжения складского помещения. Основываясь на перечисленных факторах, предлагается провести следующие мероприятия для повышения эффективной работы механизма снабжения з/ч склада АО «Маяк».

***Ключевые слова:*** отечественная сельскохозяйственная техника, механизм снабжения, запасные части, складское помещение.

В условиях Сибири на эффективность АПК, особенно в периоды напряженных полевых работ, особое значение оказывают природно-климатические условия. Этим обусловливаются сжатые сроки проведения посевных и уборочных работ. В связи с этим необходимо обеспечить низкие простои техники в данные периоды. Простои техники во многом зависит от оперативности снабжения запасными частями. Из этого следует, что работа, направленная на совершенствование механизма снабжения запчастями, является актуальной.

Данное исследование проводилось применительно к условиям АО «Маяк», находящийся в Купинском районе, д Петровке, Новосибирской области.

На организацию материально-технического снабжения в АО «Маяк» оказывают влияние его местонахождение, расположение поставщиков (торговых баз, магазинов), железнодорожных станций, наличие шоссейных дорог и др. Специализация хозяйства влияет на номенклатуру и структуру поставляемых ему материальных средств. При наличии шоссейных и железных дорог требуется определить экономичность того или другого вида транспорта для доставки материальных ценностей.

Для правильной организации снабжения учитываться все условия прямо или косвенно, оказывающие на него влияние.

При складской форме снабжения товары поступают на приемный пункт АО «Маяк» где происходит обязательная проверка товара и документации, далее фасуется по ячейкам и стеллажам для хранения. С пункта выдачи доставляется в любое место по территории АО «Маяк». Такая форма поставок удобна для данного хозяйства, которая удалена от железнодорожных станций и шоссейных дорог. При этой форме снабжения у хозяйств не возникает излишних запасов материальных ценностей, но она требует широко-разветвленной товаропроводящей сети в виде складов, баз, магазинов, что сопряжено большими затратами. В идеале следует добавить дополнительную форму снабжения, исходя из конкретных условий предприятия (хозяйства) [1].

На данный момент в АО «Маяк» складская логистика и снабжения з/ч выполняется стабильно, однако, для эффективной работы следует пересмотреть некоторые методы в снабжения запчастей. Можно выделить несколько пунктов, которые отрицательно влияют на механизм снабжения запчастей.

Факторы отрицатель влияющие на эффективность снабжения запчастей склада:

1. На складе используются устаревшие оборудование (оборудование для разгрузки и погрузки материалов и т.д., нуждается в обслуживание либо обновить в целом)
2. Логистическая структура проработана недостаточно качественно (необходимо также повысить уровень квалификации кадров)
3. Неправильно выбрано местоположение склада (расходы на транспортировку товара от склада до точек сбыта должны быть минимальными. Соответственно, место для склада нужно искать исходя из этих задач.)
4. Маршруты не эффективно выстраиваются, что увеличивает время ожидания нужной продукции (обычно эта проблема возникает при заказе импортного товара, в связи с санкциями и ограничениями таможенной службы, заказ доставляется в пункт назначения по времени больше обычного, что отрицательно сказывается на производстве предприятия) [2].
5. Отсутствие вентиляции на складе з/ч.

Для бесперебойной работы механизма снабжения необходимо провести следующие мероприятия:

1. Обустроить складское помещения:

- Выбрать правильное расположение склад.
- Оборудовать отдельную комнату для хранения шин.
- Закупить современное складское оборудование (целесообразно брать продукцию отечественного производства, во избежание длительного срока доставки).
- Установить вентиляцию в помещение (Качественная вентиляция склада необходима для обеспечения безопасности труда и оптимальных условий хранения продукции. Обустраивая вентиляционную систему, необходимо придерживаться установленных норм кратности воздухообмена, и выбирать оборудование, параметры которого соответствуют регламентированным требованиям) [1].

2. С целю автоматизации снабжения з/ч склада и ведение бухгалтерского учета ввести программное обеспечение «1С». Компьютерная программа «1С» предназначена для автоматизации учета и хранения справочных данных предприятия в электронном виде. Автоматизации склада запчастей более эффективно решает свои внутренние вопросы.

Плюсы программного обеспечения «1С»:

- Четкий учет запасных частей, расходных материалов, и различных товаров с сопровождением по вопросам их расположения, точного количества и т.д..
- Повышенная производительность людского труда с поддержкой в виде автоматизированного системы учета.

- Ведение электронного документооборота, при котором невозможно потерять нужные бумаги и можно сформировать новые по операциям на складе (многие с автоматическим заполнением).

3. Необходимо повысить уровень квалификацию обслуживаемого персонала (пройти обучение для работы в программном обеспечении «1С»).

4. Заменить деревянные полки на практичные стеллажи. Для хранения метизов, крепежа, автозапчастей, мелких изделий и товаров подходит стеллаж серии «КОЙЦ». Стеллаж состоит из металлического каркаса и навесных ящиков. Грузоподъёмность 800 кг. Если полностью загрузить ящики метизами – конструкция легко их выдержит. Данная конструкция не занимает много места и позволяет компактно разместить товары (рисунок 1).

Преимуществом данного стеллажа являются:

- Надежность и долговечность.
- Способность выдержать большие нагрузки (максимальная нагрузка стеллажа серии «Койц» 600кг)
- Пожарная безопасность. Обычные деревянные полки уязвимы перед огнем что увеличивают риск возникновения пожара в складских помещениях. Металлические конструкции, напротив, устойчивы к возгоранию [1].

5. Для доставки запчастей в любую точку по территории АО «Маяк» предлагается ввести специализированную технику, наиболее подходящие под задачи хозяйства является передвижная мастерская УЗСТ48F-01 на шасси урал-4320-1951-60 (рисунок 2).

Передвижная мастерская УЗСТ48F-01 на шасси урал-4320-1951-60 предназначена для выполнения широкого перечня работ по ремонту и восстановлению тракторной техники в условиях отсутствия стационарных ремонтных баз, а также для проведения планового технического обслуживания различной техники, доставки [3].



Рисунок 1 – Стеллаж серии «Койц»



Рисунок 2 – Передвижная мастерская УЗСТ48F-01
на шасси урал-4320-1951-60

К достоинствам данной техники можно отнести:

- Отечественный производитель (адекватная стоимость в сравнении зарубежными аналогами, короткие сроки ожидания з/ч).
- Высокая проходимость по бездорожью для подвоза запчастей в любую точку на территории АО «Маяк».
- Наличие крана, позволяет значительно облегчит разгрузку-погрузку крупногабаритных деталей агрегата и сократит время ремонта.

К недостаткам можно отнести:

- Большой расход топлива.

В заключении сделаны следующие выводы:

1. Текущее состояние механизма снабжения запасными частями в АО «Маяк» необходимо провести ряд мероприятий для повышения эффективности в снабжении запчастей, учесть все вышеперечисленные факторы, повысить уровень квалификации кадров.

2. С целью экономии времени и снижении затрат на доставку з/ч рационально принять дифференцированный метод по доставке з/ч.

3. Для повышения оперативной доставки и снижения затрат целесообразно в СХП эксплуатировать технику отечественного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барский Р.Г. Проектирование автоматизированных систем управления и контроля в строительном производстве / Р.Г. Барский, В.А. Воробьев, Г.М. Звягин. – М.: РИА, 1999. – 217 с

2. Гаджинский А.М. Управление запасами в логистике // Справочник экономиста. – 2008. – № 2. – С. 66–77.

3. Миклуш, В. П. Организация ремонтно-обслуживающего производства и проектирование предприятий технического сервиса в АПК. — Минск: Ураджай. — 2001. — 662 с.

УДК 621.43

# ОТКАЗЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ КОНСТРУКЦИЕЙ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ КАРТЕРА

Н.С. Ковальчук, магистрант
Р.В. Конореев, канд. техн. наук
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье рассмотрена проблема перемерзания системы вентиляции картерных газов. Проанализированы способы решения перемерзания (подогрев, отделение влаги, утепление). Делается вывод, что самым эффективным методом является подогрев картерных газов.

***Ключевые слова:*** система вентиляции картерных газов; перемерзание; отопитель; противодействие оледенению.

Среди различных систем транспортного средства (ТС), система вентиляции картера двигателя внутреннего сгорания (ДВС) играет значительную роль в формировании топливовоздушной смеси, стабильной и экономичной работы, полной отдаче мощности, защите моторного масла и продления ресурса цилиндропоршневой группы. Многие не уделяют должного внимания данной системе, из-за чего она выходит из строя. Даже полностью рабочая система вентиляции картера может перестать правильно функционировать, в частности при низких отрицательных температурах. Такой сценарий особенно актуален на территории Сибири, так как большую часть времени техника вынуждена работать в условиях низких отрицательных температур, которая местами опускается ниже -40°С.

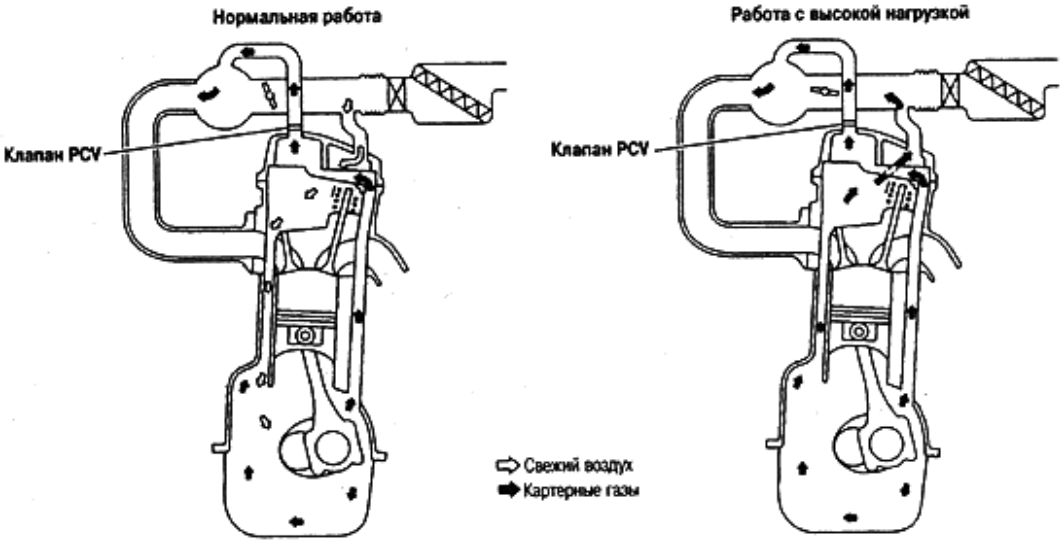



Рисунок 1 – Схема вентиляции картера двигателя атмосферного бензинового двигателя в разных режимах работы.

На рис.1 приведена схема вентиляции картера двигателя атмосферного бензинового двигателя. Газы из головки блока цилиндров поступают во впускной тракт по двум патрубкам, один из которых обеспечивает подачу газов в систему перед дросселем, а второй после заслонки, как правило, именно они и перемерзают.

В картерных газах содержатся водяные пары. Они берутся как из атмосферного воздуха, поступающего в двигатель, так образуются и в результате сгорания топлива. Перемещаясь по системе, пар может конденсироваться. После чего при низких температурах

окружающей среды влага изменяет своё агрегатное состояние, превращаясь в лед. Он в свою очередь закупоривает систему. При ремонте нельзя убирать заводские кронштейны, за счет них шланг фиксируется под наклоном. Иначе конденсат, образующийся зимой, не сможет стекать, а заморозится и нарушится проходимость магистрали. При перемерзании (закупоривании льдом) магистрали, находящимся в картере двигателя под избыточным давлением картерным газам не остается ничего другого, кроме как найти другой путь в атмосферу: выдавить масляный щуп (рис.2А), прокладки или сальники (рис.2Б), и начать выгонять моторное масло из картера наружу. Нередко выброс моторного масла при движении транспортного средства приводит к возгоранию в подкапотном пространстве [1] или аварийному отказу ДВС вследствие продолжающейся эксплуатации ТС с недостаточным количеством моторного масла.

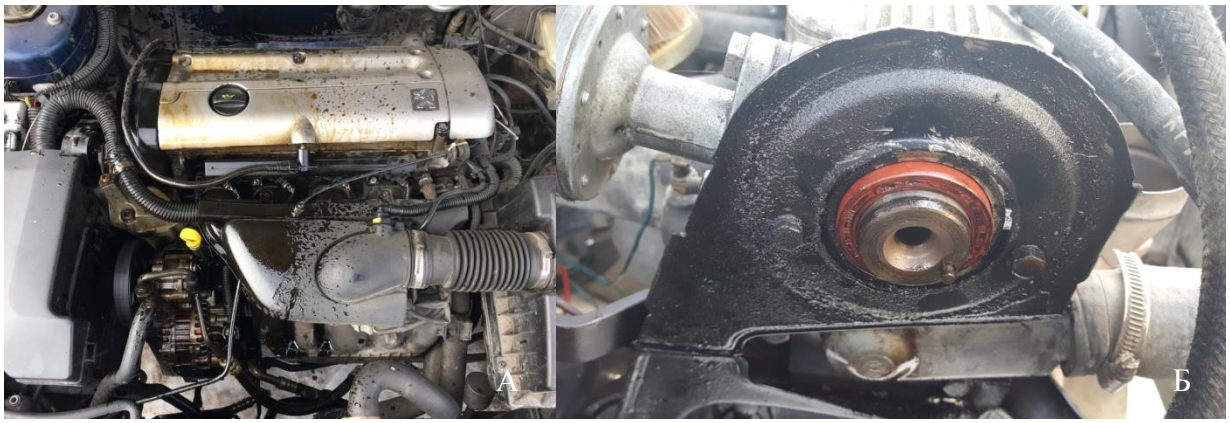



Рисунок 2 – Последствия перемерзания магистрали: А – выдавливание сальника; Б – выдавливание масленого щупа.

Замерзание с формированием льда может происходить как во время стоянки транспортного средства, когда двигатель выключен, так и непосредственно в движении при работающем двигателе в очень холодную погоду.

Одним из методов решений этой проблемы является интеграция нагревательных элементов в критических точках системы вентиляции картерных газов. Она предотвращает образование льда, гарантирует функционирование системы вентиляции картерных газов.

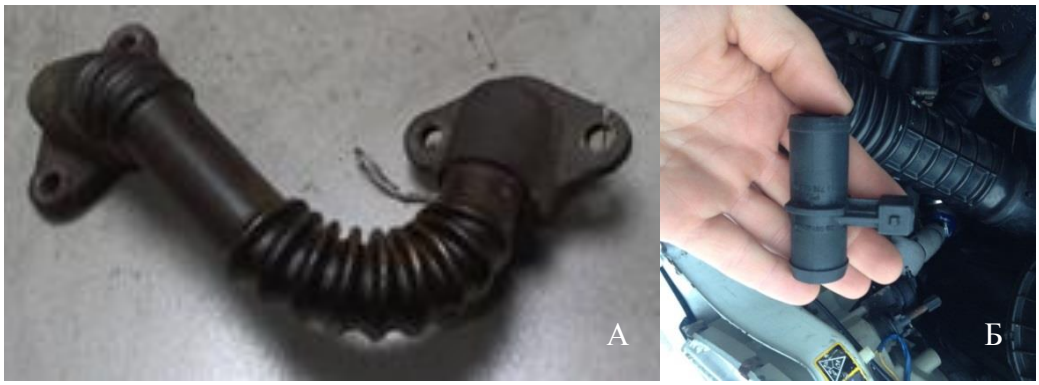



Рисунок 3 – Подогреватель картерных газов: А – Shevrolet; Б – Fiat.

Другой способ, установка фильтра влагоотделителя. Влага вместе с грязью, проходя через такой фильтр, отделяется от картерных газов, после чего скапливается на дне, требуется периодически сливать её. К минусам такой системы можно отнести то, что без

чистки фильтра и слива конденсата он быстро придёт в негодность. А так же влага в отстойнике тоже сможет заледенеть.




Рисунок 4 – фильтры влагоуловители: А – самодельный; Б – покупной.

Один из вариантов решения проблемы это утепление подкапотного пространства, в результате чего поднимается общая температура. Но при очень низких отрицательных температурах способ не так эффективен. Ещё одним минусом такого метода является тот факт, что подкапотное пространство не каждого транспортного средства, возможно, достаточно эффективно утеплить.

Нередко, производители ТС столкнувшись с массовыми отказами по причине перемерзания системы вентиляции картера вносят изменения в её конструкцию, например изменяют геометрию так, чтобы не оставалось мест, где может скапливаться влага (рис.5) и сообщают о необходимости внесения изменений у находящихся в эксплуатации ТС в рамках отзывной компании.

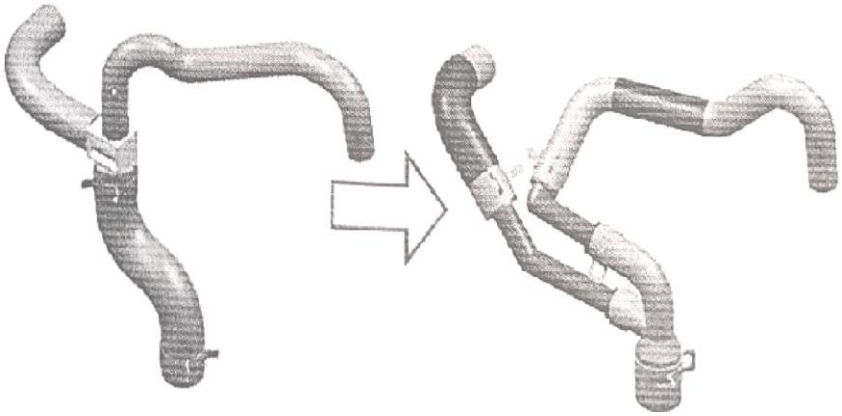


Рисунок 5 – изменение геометрии магистрали вентиляции картерных газов

В целом проблема перемерзания системы вентиляции картерных газов является очень актуальной для большого количества техники эксплуатирующейся в условиях низких отрицательных температур, штатная конструкция которых не исключает данного явления. Есть отдельные комплектации ТС, в частности у некоторых модификациях автомобилей УАЗ, SCANIA, HOWO, ISUZU FVR, SUBARU, RENAULT LOGAN, у которых без изменения конструкции штатной замкнутой системы вентиляции картерных газов перемерзание неизбежно и для которых одним из самых эффективных методов предотвращения является установка ситемы подогрева картерных газов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование причин возгорания автотранспортных средств / И.С. Кривоногов, Е.В. Агафонова, Т.В. Возженникова, Р.В. Конореев // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XI региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 75-летию Инженерного института, Новосибирск, 11–12 ноября 2019 года. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 196-199. – EDN LVCEBS.

УДК 629.3.052.3

# АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА CLAAS LEXION СЕРИИ 6800

К.Э. Леонтьев, магистрант
В.В. Коротких канд. техн. наук
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье представлен анализ технологий и оборудования для диагностики зерноуборочного комбайна CLAAS LEXION серии 6800, а также представлены преимущества и недостатки системы фирменного диагностирования техники марки Claas.

***Ключевые слова:*** зерноуборочный комбайн, технология компьютерного диагностирования, диагностический сканер, Claas Lexion серии 6800.

Стабильная и эффективная работа техники зависит не только от ее качества, но и от уровня ее технического обслуживания, при котором широко используются современные методики диагностики электронных систем с применением компьютерных технологий и соответствующего оборудования, поэтому оперативный и качественный сервис играет большую в успешной уборке урожая [1].

Оптимизированные модели LEXION — самые эффективные комбайны на рынке, как по обмолачиваемой площади, так и собранным тоннам за год.

Эффективность работы машин определяется не только их техническими характеристиками, но и уровнем надёжности. Зерноуборочные комбайны используются в течение года короткий период, но от их работоспособности зависит степень реализации этапа уборки зерновых культур. Безотказность комбайнов в значительной мере предопределяет потери части урожая и качественные показатели продукции. Надёжное функционирование комбайнов также обеспечивается технической инфраструктурой предприятия, которая включает в себя технологию и организацию обслуживающих работ [2].

Реализация потенциала техники, заложенного в ее конструкцию, возможна только при грамотных эксплуатации и техническом обслуживании. Поэтому совершенствование методов диагностирования (как наиболее сложной операции технического обслуживания) сельскохозяйственных машин с применением интеллектуальных информационных систем является актуальной народнохозяйственной задачей [3].

Технология компьютерного диагностирования зерноуборочного комбайна CLAAS LEXION 6800 заключается в следующем:

1. Подключить оборудование для диагностики в диагностический разъем комбайна (рис. 1)



Рисунок 1 – Подключение диагностического оборудования

Электропитание в диагностическом разъеме не обеспечивается всеми машинами Claas. Это можно определить по световому индикатору. Световой индикатор показывает, что WLAN активен. Соединение шины CAN устанавливается только после включения зажигания. Это можно определить по индикаторам состояния.

Необходимое диагностическое оборудование:

- Сканер CLAAS Diagnostic Interface WLAN+LAN;
- Комплект проводов «8-pin»;
- Переносной компьютер.

2. Включить зажигание машины, в компьютере запустить программное обеспечение для диагностики Claas Diagnostic System (рис. 2).

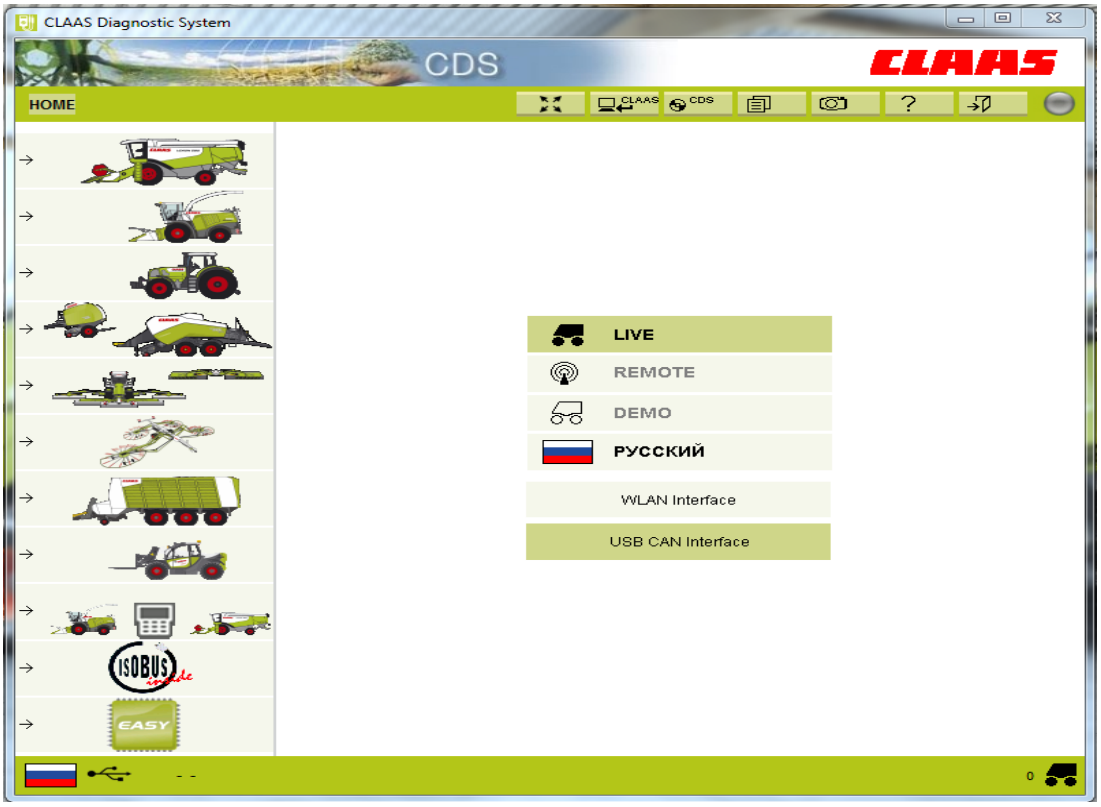



Рисунок 2 – Запуск программного обеспечения Claas Diagnostic System

3. При помощи данного ПО мы можем выполнять следующие задачи (рис. 3):

- Обновление ПО модуля.

Передача программного обеспечения из CDS в модуль называется загрузкой. CDS проверяет версии программного обеспечения и отображает их в строке (3), (4) и дает рекомендации по загрузке.

- Обзор статистики работы двигателя.

Из модуля двигателя можно считывать статистику работы двигателя в различных режимах.

- Диагностика двигателя.

Можно проводить диагностику на топливной системе, охлаждении выхлопных газов, управлении двигателем или обработке выхлопных газов.

- Отчет машины.

Программное обеспечение создает файл в формате PDF в котором содержится вся информация о машине.

- Считывание памяти неисправностей.




Рисунок 3 – Выбор задач диагностического сканера «CLAAS Diagnostic Interface WLAN+LAN»

Отображаются все активные или пассивные неисправности, назначенные в одном модуле. История неисправностей может быть определена по частоте и времени. Выбранная ошибка подробно описывается.

- Диагностика модулей.

Запись и наблюдение за сигналами сенсоров, датчиков, электромагнитных катушек.

- Диагностика функций.

В открывшемся окне отображаются условия и сигналы, которые необходимы для выполнения выбранной функции

- Параметризация/Калибровка.

Изменение различных значений параметров как в блоке управления двигателем так и в других модулях. Для изменения некоторых параметров требуется код активации который имеется у сервисной службы.

Благодаря данной системе диагностирования комбайна вы можете за короткое время узнать его техническое состояние и начать работы по устранению неисправности, а также выявить скрытые неисправности, которые пока себя в полной мере не проявили. Также вы можете изменить конфигурацию машины, чтобы оптимизировать интерфейс и улучшить некоторые характеристики машины.

Из недостатков следует отметить только то, что диагностирование выполняет не сканер, а человек – сервисный инженер. Чтобы правильно интерпретировать информацию, полученную со сканера, нужно хорошо понимать работу узлов машины и суть диагностических процедур.

Сканер проверяет входные и выходные параметры электрических цепей и информирует сервисного инженера об их значениях. Таким образом, сканер всего лишь фиксирует наличие или отсутствие неисправностей в каком-либо узле, но не позволяет определять причины неисправности, которых может быть много для одних и тех же значений контролируемых параметров [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика обоснования структурных элементов обслуживания мобильного парка сельскохозяйственных машин / И. Н. Кравченко, В. М. Корнеев, Ю. В. Катаев, М. С. Овчинникова. – Текст: непосредственный // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 127. – С. 41-46.

2. Журавлев С. Ю. Современная концепция организации технического сервиса машин в АПК / С. Ю. Журавлев. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – 2021. – С. 119-125.

3. Кушнарев Л.И., Чепурина Е.Л. Роль и место производителей сельхозтехники в фирменном техническом сервисе / Л. И. Кушнарев, Е. Л. Чепурина. – Текст: непосредственный // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 7. – С. 38-40.

4. Диагностика и техническое обслуживание машин для сельского хозяйства - учебное пособие / А.В. Новиков [и др.]; под ред. А В. Новикова. Минск БГАТУ, 2009 - 404 с.

УДК 623.4.011

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В КОРОЛЕВСТВЕ СВАЗИЛЕНД

П. Мазибуко, В.В. Коротких, С.А. Кравцов, Н.Ю. Камолтынов
*Новосибирское высшее военное командное училище*

***Аннотация.*** Рассмотрены условия эксплуатации автомобильной техники. Выделены специфические условия эксплуатации автомобильной технике в Королевстве Свазиленд. Проанализировано отрицательное влияние повышенной влажности на состояние автомобильной техники. Приведены мероприятия обеспечивающие надёжную работу автомобильной техники в условиях умеренно-теплого влажного климата.

***Ключевые слова:*** автомобильная техника, умеренно-теплый влажный климат, условия эксплуатации, обеспечение надёжной работы.

Эксплуатация автомобильной техники (АТ) происходит в различных климатических и географических условиях [1]. Для того, чтобы АТ имела ресурс, нормируемый документацией завода-изготовителя, предусмотрена система плановых технических обслуживаний (ТО) и ремонтов. При этом, различные для регионов Земного шара

климатические условия приводят к различным дефектам при эксплуатации АТ. Это факт обуславливает необходимость специфических корректировок при техническом обслуживании АТ, эксплуатируемые в различных регионах Земного шара. В связи с этим, работа, направленная на выявления особенностей технического обслуживания АТ, эксплуатируемой в Королевстве Свазиленд, является актуальной.

Для выполнения данной работы, необходимо предварительно определиться с общими условиями эксплуатации автомобильной техники. Классификация условий эксплуатации АТ приведена на рисунке 1. Условия подразделяются на типичные и особые. В Королевстве Свазиленд автомобильная техника эксплуатируется в летних с повышенной влажностью условиях.

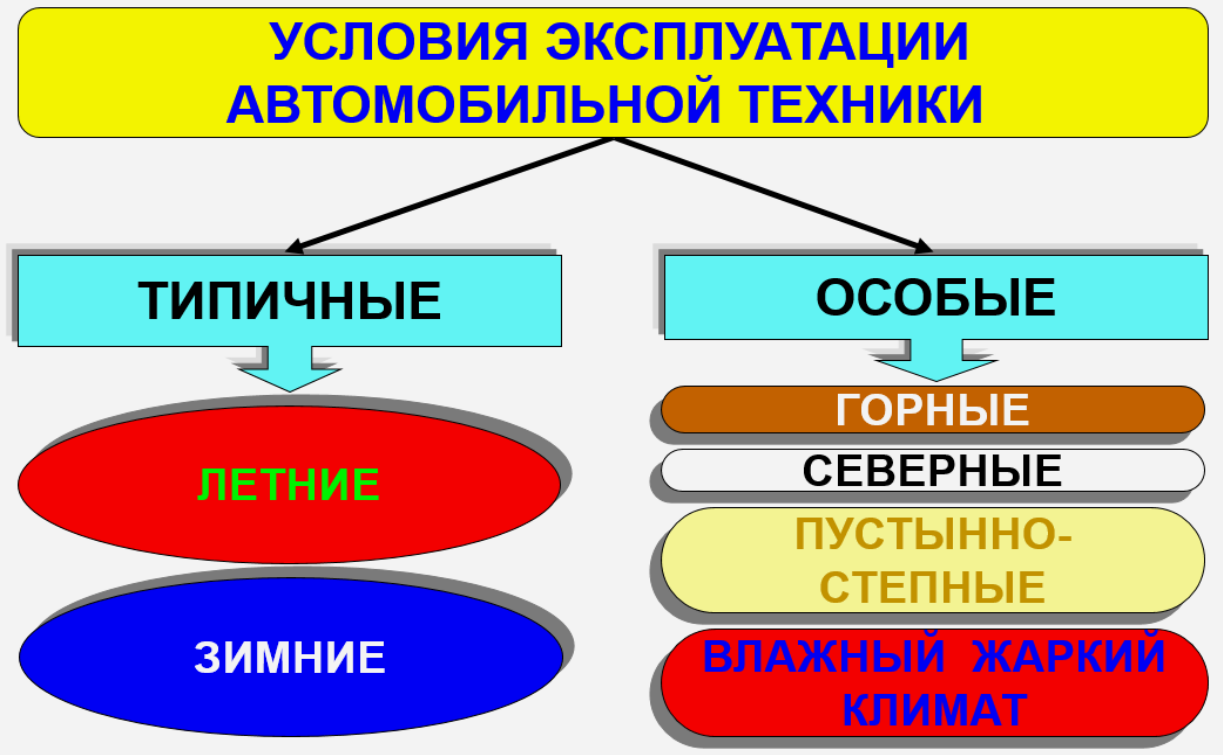



Рисунок 1 – Классификация условий эксплуатации автомобильной техники

В свою очередь районы с повышенной влажностью подразделяются на 4 основных группы (рисунок 2).

В Королевстве Свазиленд преобладает умеренно-теплый влажный климат.

Характеристика умеренно-теплого влажного климата имеет следующие особенности:

- средняя месячная относительная влажность воздуха 70% и более;
- сочетание солнечной радиации, положительной температуры (20˚С и выше) и высокой влажности воздуха (80% и более) в течение суток;
- обильное выпадение росы в ночное время (до 2 мм/час);
- большая продолжительность морских ветров со скоростью 6 км/час и более;
- в летнее время обильные осадки, ливни с грозами.

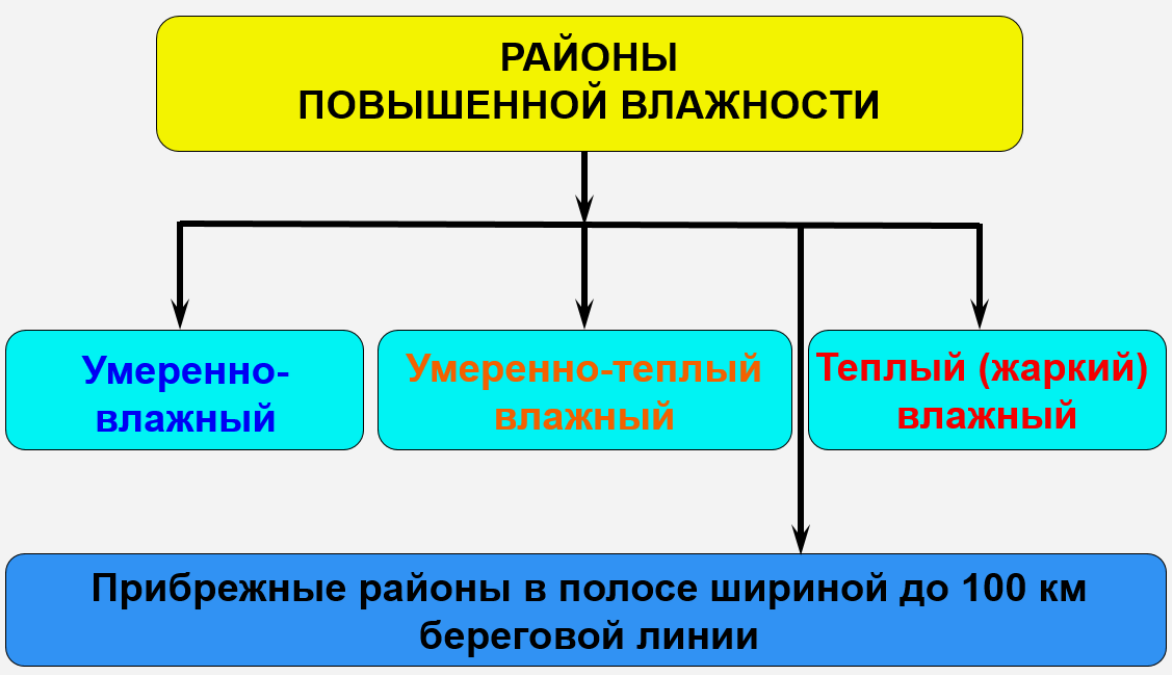



Рисунок 2 – Классификация районов
повышенной влажности

Отрицательное влияние повышенной влажности на состояние автомобильной техники:

- мощность двигателя снижается в среднем на 2% на каждые 10 г содержания воды в 1 кг воздуха, а удельный расход бензина увеличивается на 2,7%;
- повышается коррозионный износ узлов и агрегатов АТ;
- снижается надежность электрической изоляции проводов и приборов электрооборудования;
- повышается саморазряд аккумуляторных батарей из-за увлажнения поверхности заливочной мастики и корпуса батареи в целом;
- интенсивный рост микроорганизмов и плесени, воздействие биологических факторов (грызуны, термиты и пр.), как следствие – преждевременно выходят из строя чехлы, тенты, соединительные шланги и рукава, происходит повышенный износ шин, поражаются и разрушаются детали, склеенные с помощью органических клеев и изготовленные из текстолита, войлока, фетра, пробки, картона, бумаги, резины, пластмассы и дерева;
- интенсивно развивается коррозия тонкостенных деталей и элементов АТ – кабины, капота, оперения, крышек, резьбовых соединений, внутренних поверхностей топливных баков;
- повреждаются и отслаиваются лакокрасочные покрытия;
- в большом количестве образуется конденсат в топливных баках, воздушных баллонах тормозной системы, картерах агрегатов, в связи с чем увеличивается вероятность отказов, особенно пневматического и пневмогидравлического приводов тормозов.

Влажный умеренно-теплый климат в целом оказывает неблагоприятное воздействие на работоспособность АТ, усложняет их эксплуатацию. В зонах с влажным умеренно-теплым климатом наблюдается интенсивный рост микроорганизмов и плесени, наносящих существенный ущерб отдельным элементам АТ и приводящих к резкому снижению их надежности. Одновременно создаются трудности в эксплуатации АТ вследствие воздействия биологических факторов (грызунов, термитов, лесных клопов, муравьев, москитов и др.).

Образовавшаяся плесень приводит к забиванию проходных отверстий. Воздействию

плесени подвергаются детали, изготовленные из дерева, текстиля, войлока, бумаги, кожи, резины, некоторых видов пластмасс и лакокрасочных материалов [2]. Развитию плесени способствуют различные загрязнения, а также места пайки, где остаются следы канифоли (канифоль является хорошей питательной средой для плесени). Очагами возникновения плесени являются запыленные места. Плесень приводит к старению изоляции электрических проводов и снижению ее изоляционных свойств, что увеличивает вероятность утечки тока и опасность появления короткого замыкания.

Грызуны разрушают изоляцию электрических проводов, изделия из тканей и кожи. Насекомые засоряют технику и способствуют образованию плесени.

Обводнение горюче-смазочных материалов (ГСМ) способствует интенсификации процессов коррозии металла (особенно при больших перерывах использования машин). При этом происходит обильное пенообразование масла, затрудняющее его нормальную циркуляцию. Кроме того, обводнение масел создает благоприятные условия для развития в них микроорганизмов с образованием уплотнений в виде кашицеобразной массы, забивающей фильтры, каналы насосов, сверления в картерах двигателей. В результате происходящих изменений в масле с течением времени нарушается нормальная работа сальниковых уплотнений с появлением течей масла.

Высокая относительная влажность воздуха ускоряет развитие коррозионных процессов наружных поверхностей металла, разбухание материалов, содержащих в своей основе органические соединения (текстолит, картон) [3]. Воздействие высоких температур, солнечной радиации, а также кислорода, усиливающееся повышенным содержанием озона в воздухе, способствует развитию старения ГСМ, резинотехнических изделий, пластмасс, лакокрасочных покрытий, элементов радиоэлектронных устройств АТ.

Из-за высокой степени обводненности воздуха в цилиндры работающего двигателя вместе с воздухом поступает значительное количество влаги. В частности, при температуре воздуха во впускном коллекторе, равной 50°С, и относительной влажности равной 95-100%, на 1 кг поступающего воздуха в цилиндры двигателя приходится примерно 125 г воды, в то время как при относительной влажности, равной 50%, и той же температуре количество влаги уменьшается в 2 раза. Количество подаваемой воды в цилиндры двигателя резко возрастает в этих условиях и с повышением температуры воздуха во впускном коллекторе.

Под воздействием указанных факторов снижается мощность двигателя и, как следствие, уменьшается средняя скорость движения машины до 20%.

Большое количество влаги, испаряемой в цилиндрах, способствует снижению тепловой напряженности двигателя. Поэтому при эксплуатации машин в условиях влажного умеренно-теплого климата характерны случаи работы двигателя на пониженном тепловом режиме и его осмоление, несмотря на высокую температуру окружающего воздуха.

В условиях высокой относительной влажности окружающего воздуха форсируются коррозионные процессы вкладышей подшипников коленчатого вала, которые приводят к понижению давления масла в системе смазки двигателя на 0,1-0,15 МПа (1-1,5 кгс/см$^2$) относительно установленных норм по техническим условиям уже на начальных интервалах его наработки.

Применение обводненного топлива (особенно с повышенным содержанием серы) в районах влажного умеренно-теплого климата ускоряет коррозию гильз цилиндров и снижение мощностных характеристик двигателя. Установлено, что долговечность двигателя, оцениваемая по времени падения давления воздуха в цилиндрах двигателя, снижается на 25-30% по сравнению с ее уровнями при эксплуатации машин в среднеевропейской зоне.

При эксплуатации АТ в районах умеренно-теплого влажного климата необходимо проводить ряд мероприятий, направленных на обеспечение их надежной работы, сущность которых заключается в следующем:

1. Поддержание оптимального температурного режима работы двигателя в условиях уменьшения его тепловой напряженности достигается увеличением нагрузки на двигатель и закрытием жалюзи.

2. Учитывая, что наиболее интенсивно плесень развивается во время перерывов в использовании АТ, следует организовать их эксплуатацию так, чтобы обеспечить работу всех приборов, агрегатов и систем. При пуске двигателя и работе его на месте необходимо открывать все люки для создания циркуляции воздуха и проветривания машины.
3. В процессе содержания АТ на хранении требуется корректирование периодичности проверок состояния спец. систем с включением их в работу от постороннего источника питания. Особое внимание следует обращать на состояние изделий из ткани, кожи, периодически их проветривая и просушивая.
4. В летнее время укрывочный брезент АТ необходимо после просушки пропитывать составом ПХС-55 для предотвращения его гниения.
5. Для борьбы с насекомыми целесообразно изолировать АТ от грунта, используя для этой цели бетонные или металлические лежни.
6. Повышенное внимание следует обращать на технологию заправки систем АТ топливом и маслом. Перед заправкой машины необходимо предварительно слить отстой из цистерны.
7. После выпадения влаги в виде росы во всех случаях предусматривать слив отстоя из топливных баков АТ.
8. Защита узлов, систем, агрегатов АТ от биоповреждений достигается статической или динамической осушкой воздуха (для машин, содержащихся на длительном хранении). Наиболее эффективным средством для предупреждения биоповреждений элементов АТ является воздействие на среду (например, очистка поверхностей деталей от загрязнений и микроорганизмов). Перспективным средством защиты внутреннего объема от биоповреждений считается нанесение (путем напыления) биоцидов соответствующей концентрации на поверхность их соответствующих устройств с последующей осушкой.

Таким образом, с учётом изложенного, следующие выводы:

- Королевство Свазиленд расположено в зоне умеренно-теплого влажного климата, что предъявляет специфические требования к технической эксплуатации автомобильной техники;

- в Королевстве Свазиленд при технической эксплуатации АТ для обеспечения её надёжной работы необходимо выполнять ряд мероприятий, снижающих или исключающих вредное воздействие на машины умеренно-теплого влажного климата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

2. Зибров И.М., Капустин В.П., Баглаев А.А., Новиков К.И. / Особенности эксплуатации автомобильной техники в субтропических и тропических климатических условиях / Материалы национальной научно-практической конференции Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I. Том Часть I. Под общей редакцией О.М. Костикова, А.В. Божко. – 2019.

2. Сальников В.Г. / Исследование влагопоглощения авиационных углепластиков в условиях теплого влажного климата / Monitoring systems of environment № 2 (44) 2021.

3. Кириллов В.Н., Ефимов В.А., Добрянская О.А., Дрозд Е.А., Курс М.Г., Вапиров Ю.М. / Исследование атмосферной стойкости полимерных композиционных материалов в приморской атмосфере теплого влажного и умеренно теплого климата / VIII научная конференция по гидроавиации. Сборник докладов. 2010.

УДК 667.6

# АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАИЯ АПК

В.С. Мальцев, магистрант[1]
А.В. Пчельников, канд. техн. наук[1]
Д.В. Вилисов, преподаватель, подполковник[2]
Ж.Т. Сулейманов, д-р техн. наук, профессор[3]
А.К. Туляганов, директор[4]

[1]*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*
[2]*НВИ войск национальной гвардии, Новосибирск, Россия*
[3] *Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, Казахстан*
[4]*ООО ЛКЗ «Колорит»*

***Аннотация.*** В статье представлен анализ методов и способов неразрушающего контроля защитных покрытий. Определено, что наиболее оптимальными методами являются магнитный, вихретоковый, радиоволновый и электрический, однако наиболее достоверно и полноценно определить состояние защитных покрытий позволяет электрический способ.

***Ключевые слова:*** лакокрасочное покрытие, неразрушающие методы, защитное покрытие, диэлектрические характеристики, микротрещины, долговечность, срок службы.

**Актуальность.**

В межсезонье не редко происходят существенные перепады температур, особенно в зоне резко континентально климатического пояса, что в свою очередь негативно сказывается на лакокрасочных покрытиях (ЛКП) техники и оборудования. Также на долговечность покрытия влияют механические нагрузки, атмосферные условия, солнечная радиация и условия эксплуатации и др. [1, 2].

В связи с этим важно своевременно определять состояние покрытий и ремонтировать их в случае необходимости, что позволит предотвратить коррозию и увеличить срок службы металла. В настоящее время для определения состояния защитных покрытий в основном применяют разрушающие и органолептические методы контроля, однако ценным и практически значимым для этой цели являются неразрушающие методы контроля, которые до настоящего времени не имеют широкого распространения.

На основании этого *цель исследования*: провести анализ неразрушающих методов контроля для оценки состояния защитных покрытий и определить эффективность их применения.

Известны следующие виды неразрушающего контроля ГОСТ 27750-88, ГОСТ 31993—2013, ГОСТ Р 56542-2019, ГОСТ 15467-79: магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, оптический, радиационный, акустический и органолептический метод [3-6].

1. При магнитном методе анализируют взаимодействие магнитного поля с объектом контроля.

2. Электрический метод основан на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с объектом контроля.

3. Вихретоковый метод основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в объекте контроля этим полем.

4. Радиоволновой метод использует регистрацию изменений параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с объектом контроля.

5. Тепловой метод контроля основан на регистрации изменений тепловых или температурных полей объекта контроля.

6. Оптический метод контроля основан на наблюдении или регистрации параметров оптического излучения, взаимодействующего с объектом контроля.

7. Радиационный метод контроля основан на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия его с объектом контроля.

8. Акустический метод основан на регистрации параметров упругих волн, возникающих или возбуждаемых в объекте контроля.

9. Органолептический метод основан на определении значений показателей качества продукции, осуществляемый на основе анализа восприятий органов чувств (зрение, тактильно, слух и др.)

Для оценки состояния защитного покрытия в основном используют вихретоковый, магнитный, электрический и органолептический методы контроля. Однако магнитный позволяет определить только толщину, а органолептический метод позволяет увидеть явные, поверхностные дефекты покрытия, что не даёт принять решение о своевременном ремонте.

Известен способ определения состояния защитного лакокрасочного покрытия артиллерийских боеприпасов (патент РФ № 2697427) [9]. Способ предназначен для осуществления контроля состояния защитного покрытия боеприпасов, оценки площади дефектов покрытия, принятия решения о годности боеприпасов для боевого применения и хранения, целесообразности назначения на ремонт.

Диагностический комплекс для контроля состояния защитного лакокрасочного покрытия артиллерийских боеприпасов, состоящий из устройства с антеннами, приемных вибраторов, управляющего устройства, усилителя, устройства генерирования СВЧ-энергии, согласующего устройства времени, шага измерений, устройства возбуждения электромагнитных волн, устройства ввода, вывода параметров, внутреннего диагностирования, ПЭВМ с программным обеспечением, позволяющим отображать участок с дефектом лакокрасочного покрытия на чертеже боеприпаса, при этом генератор СВЧ-диапазона выполнен с возможностью создания электромагнитного поля поверхностной медленной волны, направленной вдоль защитного лакокрасочного покрытия на боеприпасе в двух направлениях X и Z, приемные вибраторы выполнены с возможностью перемещения с заданным шагом.

Однако, данный способ узконаправленный подходящий для небольших объектов и невозможно применять на крупногабаритной технике АПК, в виду того, что способ предусматривает стационарное расположение комплекса.

На кафедре Надежности и ремонта машин Новосибирского аграрного университета разработан способ определения состояния покрытий по диэлектрическим характеристикам (пат. РФ № 2778798) [10]. Предлагаемый способ определения состояния лакокрасочных покрытий по диэлектрическим характеристикам осуществляют на базе известного способа, предусматривающего определение изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь с помощью куметра, через определение параметра добротности и ёмкости объекта.

**Подготовка к испытаниям, их проведение и оценка результатов.**

-Для испытаний готовят не менее 3 одинаковых образцов исследуемого покрытия (ГОСТ 8832). Толщина испытываемого покрытия должна соответствовать рекомендациям в технической документации к материалу;

-Измеряют толщину испытываемых покрытий при помощи толщиномера с погрешностью не более 3%;

-Куметр готовят к эксплуатации в соответствии инструкцией;

-Подключают катушку индуктивности, и проводят измерения добротности $Q_1$ и емкости $C_1$ катушки при резонансе на выбранной частоте f и определяют собственную емкость катушки $C_0$;

-Подключают измерительную ячейку с исследуемым образцом к клеммам куметра и проводят измерения добротности $Q_2$ и емкости $C_2$ катушки при резонансе на выбранной частоте f;

-После считывания показателей добротности ($Q_1$, $Q_2$) и емкостей ($C_1$, $C_2$) по шкалам куметра расчитывают тангенс угла диэлектрических потерь ($tg\delta$) и диэлектрическую проницаемость ($\varepsilon$) исследуемого образца:

$$tg\delta = \frac{(Q_1 - Q_2) * C_1}{Q_1 * Q_2 * (C_1 - C_2)}, \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}, \quad (2)$$

где C – резонансная емкость образца при частоте f.

$$C = C_1 - C_2, \quad (3)$$

$$\mathbf{C_0} = \frac{C_1 - 4 * C_1'}{3}, \quad (4)$$

где $C_1'$- Емкость катушки при резонансе на частоте 2f.

На основании этого проводились испытания, был получен график зависимостей изменения добротности и площади микротрещин на лакокрасочном покрытии от срока его эксплуатации (рис. 1) [10]. Полученные зависимости позволяют установить изменение указанных параметров в процессе старения лакокрасочного покрытия на основе акриловых лакокрасочных материалов.

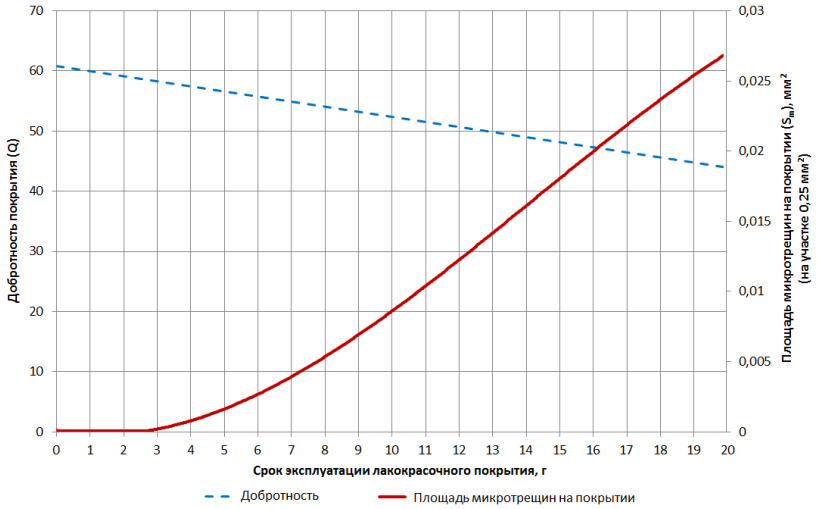



Рисунок 1 - график зависимостей изменения добротности и площади микротрещин на лакокрасочном покрытии от срока его эксплуатации

Сопоставление значений диэлектрических характеристик с твердостью, адгезией и площадью микротрещин на лакокрасочном покрытии позволяет установить текущее состояние покрытия, способствует определению его срока службы, а также может послужить вспомогательным фактором при принятии решения о целесообразности ремонта покрытия.

Так же на кафедре надежности и ремонта машин разработан способ экспресс оценки состояния защитных покрытий (заявка на патент РФ №2022112676), основанный на применении электроизмерительного прибора мегаомметр, позволяющий оценить состояние покрытий по значениям их электрического сопротивления и сопоставлению значений с известными значениями физико-механических свойств.

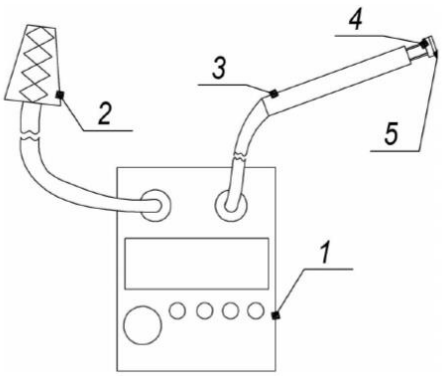



Рисунок 2 – вид устройства (1- главный блок, 2- щуп заземления, 3- измерительный щуп, 4- измерительный индикатор, 5 – токопроводящая подложка)

- Перед проведением испытаний проводят подготовку поверхностей контролируемого объекта. Поверхность очищают от загрязнений, осматривают на наличие повреждений покрытия (сколы, отслаивание, коррозия);

- Выбирают участки на поверхности без визуальных повреждений;

- Мегаомметр с адаптированным измерительным щупом готовят к эксплуатации в соответствии с инструкцией;

- Токопроводящую подложку 5 обрабатывают проводящим составом;

- Щуп заземления 2 подсоединяют к металлической поверхности контролируемого объекта;

- На главном блоке 1 экрана устанавливается значение напряжения, при котором будет проводиться измерение;

- Измерительный индикатор 4 устанавливают на контролируемую поверхность защитного покрытия токопроводящей подложкой 5;

- Фиксируют показания прибора.

При проведении испытаний измерительным индикатором фиксируется значение удельного электрического сопротивления. Для расчета фактического электрического сопротивления (R, Ом), в зависимости от площади токопроводящей подложки измерительного индикатора, применяется следующая формула: $R= \rho/S$

где ρ – удельное сопротивление, Ом;

S – площадь поперечного сечения, $см^2$.

По описанной выше методике, установлена закономерность изменения электрического сопротивления защитных покрытий в процессе их старения, а также установить взаимосвязь изменения электрического сопротивления с адгезией (ГОСТ 31149), твердостью (ГОСТ 54586) покрытий, а также с площадью микротрещин на покрытии (табл. 1).

*Таблица 1*

Изменение свойств и характеристик защитных акриловых покрытий в процессе старения.

| Срок эксплуатации покрытия, лет | Электрическое сопротивление, кОм (при напряжении 1кВ) | Адгезия Балл. ГОСТ 31149 | Твердость ГОСТ 54586 | Площадь микротрещин ЛКП, $мм^2$ ($S_m$) (на участке 0,25 $мм^2$) |
|---|---|---|---|---|
| 20 | 83 | 2 | 5Н | 0,027 |
| 7 | 92 | 1 | 3Н | 0,004 |
| 5 | 101 | 1 | 3Н | 0,0015 |
| 1 | 110 | 0 | 2Н | не наблюдается |
| 0 | 115 | 0 | 2Н | не наблюдается |

Сопоставление значений электрического сопротивления с твердостью, адгезией и площадью микротрещин на покрытии позволяет установить текущее состояние покрытия, способствует определению его срока службы, а также может послужить вспомогательным фактором при принятии решения о целесообразности ремонта покрытия.

**Заключение**

Были рассмотрены неразрушающие методы контроля лакокрасочного покрытия, проведен анализ способов оценки состояния защитных покрытий, определено, что оптимальными методами являются магнитный, вихретоковый и радиоволновый, электрический, однако наиболее информативный, позволяющий оценить состояние покрытий, является электрический метод, который целесообразнее осуществлять путем применения разработанных на кафедре Надежности и ремонта машин Новосибирского ГАУ «Способа оценки состояния защитных покрытий по диэлектрическим характеристикам» и «Способа экспресс-оценки состояния защитных покрытий». Применение данных способов позволит эффективно оценить состояние различных защитных покрытий и в определенных случаях принять решение о необходимости его ремонта

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование адгезионной прочности систем лакокрасочных покрытий при ремонтном окрашивании машин в АПК / А. А. Железнов, А. В. Пчельников, А. 10. А. Колесников, В. Н. Хрянин // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования, Новосибирск, 10 ноября 2014 года / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: Издательский центр "Золотой колос" Новосибирского государственного аграрного университета, 2014. – С. 46-53. – EDN TLKGDP.

2. Исследование адгезионной прочности модифицированных лакокрасочных покрытий / Д. В. Обсоков, М. А. Иванов, В. Н. Хрянин, А. В. Пчельников // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 199-203. – EDN VNMEIG.

3. ГОСТ 27750-88. Контроль неразрушающий. Покрытия восстановительные. Методы контроля толщины покрытий. – Введ. 01.07.89.

4. ГОСТ 31993—2013. Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия. – Введ. 2014. – 01.08.

5. ГОСТ Р 56542-2019. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. 2020. – 11.01

6. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 1979-07-01

7. Неразрушающий контроль [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов бакалавриата направлений 27.03.02 «Управление качеством», 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» и студентов магистратуры направления 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» : в 2 ч. / К. П. Латышенко, А. А. Чуриков, С. В. Пономарев, А. Г. Дивин, Н. А. Конышева. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016.

8. Введение в техническую диагностику и неразрушающий контроль : учеб. пособие / А. П. Науменко ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. – 152 с. : ил

9. Пат. №2697427C2 РФ, Диагностический комплекс для контроля состояния защитного лакокрасочного покрытия артиллерийских боеприпасов / Евсюткин А.В., Устинов Е.М., Алчинов В.И., Питайкин Д.А., Сонин Н.С. - №2018119786; заявл. 11.01.2017, опубл. 14.08.2019 г.

10. Пат. №2778798 РФ, способ определения состояния покрытий по диэлектрическим характеристикам / Хританков В.Ф., Пичюгин А.П., Пчельников А.В., Илясов А.П., Луцик Р.В. - №2021123174; заявл. 30.07.2021, опубл. 25.08.2022, Бюл. №24

УДК 621.43

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

А.В. Мордовин, магистрант
Р.В. Конореев, канд. техн. наук
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье рассмотрена проблема замена воздушных фильтров системы питания двигателей внутреннего сгорания при техническом обслуживании без учета степени их фактической загрязненности. Предлагается повысить эффективность эксплуатации автомобилей, путем корректирования регламентируемой производителем периодичности замены фильтров исходя из анализа реальной засоренности бумажных воздушных фильтров в условиях Западной Сибири.

***Ключевые слова:*** система питания двигателя, фильтр воздушный, сопротивление фильтра.

**Актуальность темы:** В процессе эксплуатации техники с современными двигателями внутреннего сгорания при разных климатических и погодных условиях необходимо обеспечить правильную и надежную работу системы питания двигателя, для предотвращения попадания инородных частиц пыли, грязи и песка в двигатель и преждевременного выхода из строя силового агрегата.

Применение воздушных фильтров качественно способствует повышению ресурса, как деталей ЦПГ входящих в современный двигатель внутреннего сгорания (далее ДВС), так и всего агрегата в целом. Также это оказывает влияние на его эксплуатационные характеристики.

При эксплуатации, воздушный фильтр засоряется и возрастает его сопротивление, как итог, снижается коэффициент наполняемости цилиндров двигателя воздухом, а также ухудшаются экономические и мощностные показатели его работы, так как объем поступающего воздуха через фильтр напрямую влияет на эффективность и полноту сгорания топливо-воздушной смеси.

Как правило, при очередном плановом техническом обслуживании (ТО) автомобиля имеет место замена воздушного фильтра на новый исходя из пробега автомобиля (по показаниям одометра) в соответствии с рекомендуемой производителем автомобиля его периодичности замены, при этом оценка степени загрязненности меняемого воздушного фильтра и его ресурса непроизводится.

Каждый завод-изготовитель ТС прописывает в руководствах по эксплуатации, разную периодичность проведения ТО и предусматривает сокращение его периодичности в зависимости от условий эксплуатации. Несоблюдение периодичности замены воздушного фильтра может приводить к аварийному повреждению его фильтрующего элемента и к быстрому абразивному износу сопряжений деталей цилиндро-поршневой группы ДВС.

Например, производитель KIA для распространенной в РФ модели легкового автомобиля РИО декларирует о необходимости менять воздушный фильтр каждые 15 тыс. км., а завод-изготовитель ШКОДА лишь каждые 30 тыс. км. На Рис.1 показаны интервалы замены фильтров легковых автомобилей популярных марок в РФ.

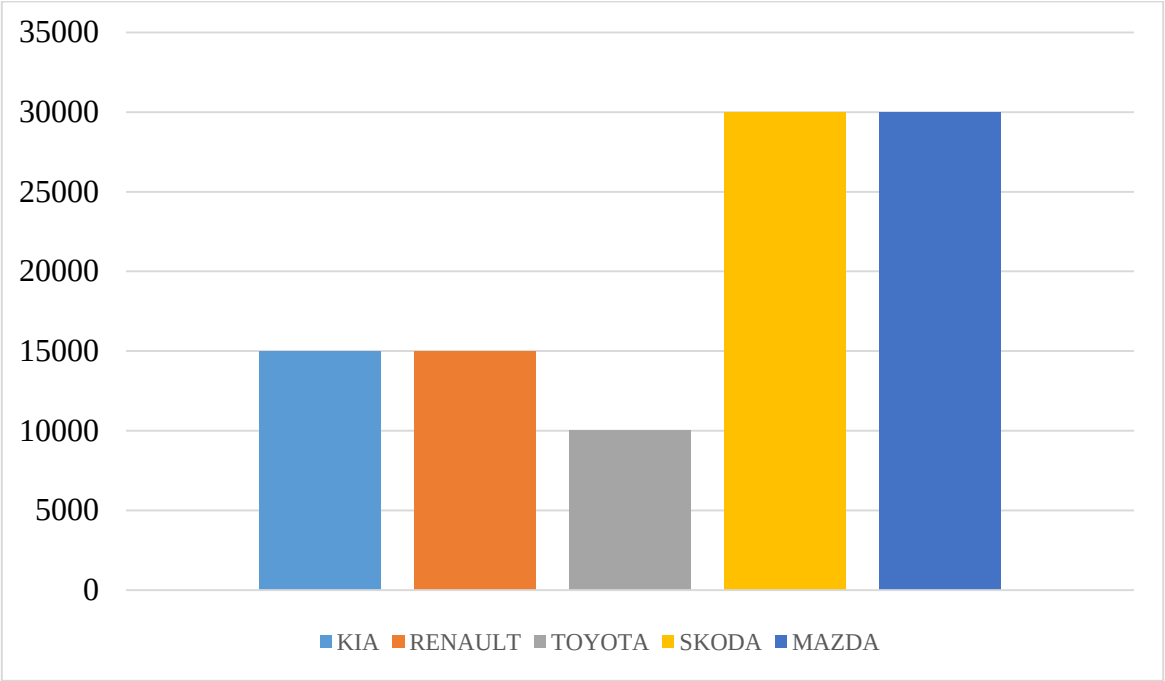



Рисунок 1. Рекомендуемая производителем ТС периодичность замены воздушного фильтра при ТО.

Стоить отметить, что существуют различные виды воздушных фильтров, в каждом из которых предполагается разная пропускная способность по мере его засорения при эксплуатации.

Самые распространенные виды фильтрующего элемента это бумажные, в существенно меньшем объёме используются тканные/не тканные (из синтетических волокон), для с/х техники до сих пор применяются инерционные и инерционно-масляные, характеристики представлены в Таблице 1.

*Таблица 1.*

Таблица материалов современных воздушных фильтров

| Материал фильтрующего элемента | Удельная поглощающая способность материала, г/мг | Масса единицы поверхности, г/м$^2$ |
|---|---|---|
| бумага | 190-220 | 100-200 |
| синтетические материалы | 230-250 | 100-120 |
| нетканные материалы | 900-1100 | 230-250 |

Бумага – специальный плотный материал, имеющий микропоры, через которые проходит воздух, но не проходят твердые частицы грязи, находящиеся в воздушной массе на впуске в двигатель.

Синтетические – выполнены из нитей синтетических волокон. Имеют высокую механическую прочность к инородным телам в воздухе (например, крупные частицы песка)

Засорение воздушного фильтра приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик автомобиля, в частности к снижению мощности двигателя и увеличенному расходу топлива (рис.2) [1].




Рисунок 2. Последствия работы ДВС с засоренным воздушным фильтром

Для оценки реальной степени загрязненности воздушных фильтров автомобилей в условиях Западной Сибири и необходимости корректировки интервала их замены планируется выполнить маштабный замер их засоренности. В связи с чем, разработана установка для проверки пропускной способности демонтированных с автомобилей при ТО отработавших бумажных воздушных фильтров (входящих в систему питания двигателя). Она представляет из себя короб, с установочной площадкой под конкретный типоразмер воздушных фильтров, с отверстием для создания разряжения внутри короба (эту роль выполняет вентилятор) и отверстия для подключения микроманометра типа ММН. По результатам измерений засоренности фильтров на данной установке и анализа массива информациии продолжительности и периоде эксплуатации фильтров (пробег автомобиля, сезон, географические условия эксплуатации) будет возможно обоснованно скорректировать регламентируемую производителем периодичность ТО, что повысит эффективность эксплуатации автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карачурин А.К. «Анализ влияния засоренности воздушного фильтра на показатели работы двигателя», Башкирский государственный аграрный университет, г. Уфа – 5с.

УДК 658.58

## ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В РОССИИ

А.С. Разумов, магистрант
Н.И. Зенкова, ст. преподаватель
И. А. Сучевич, магистрант
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной статье рассматриваются трудности, испытываемые российскими предприятиями при техническом обслуживании оборудования.

***Ключевые слова*:** техническое обслуживание и ремонт, проблемы предприятия, оборудование.

Повышение деловой активности, генерирование доходов, положительный рост результативных показателей являются основными факторами, которые позволяют судить о способности предприятия к устойчивому и конкурентоспособному положению на рынке [1].

Рассмотрев экономические события последних нескольких лет, можно отметить что они существенно повлияли на экономическое положение многих стран, в том числе и на экономику России. Особенно сильно пострадал производственный сектор. В таких условиях приоритет занимают вопросы рационального использования имеющихся ресурсов. Среди большинства, одну из важных проблем российского производства занимает техническое обслуживание оборудования и его ремонт. На сегодняшний день сложилась ситуация, в которой у большинства производственных предприятий крайне высока доля оборудования с высокими показателями физического износа, а также машинами с выработанным ресурсным запасом. Однако стоит отметить, что неважно какое используется оборудование, новое или старое, оно при ненадлежащей эксплуатации станет неэффективным, что приведет к поломке и простою.

Так, простой промышленного оборудования приводит к излишнему расходу производственных ресурсов, что в конечном счете отражается на повышении себестоимости производства. Основываясь на проблеме недостатка некоторых ресурсов и постоянной растущей стоимости производственного оснащения, качественное и своевременное обслуживание и ремонт оказывают значительное влияние на работу предприятия, что отражается на качестве конечного продукта, его стоимости и конкурентоспособности организации в целом.

Разберем современное представление о техническом обслуживании оборудования. Проанализировав мнения различных авторов можно выделить два основных фактора. Во-первых, целью технического обслуживания является поддержание производственного оборудования в максимально подготовленном состоянии к использованию с соблюдением всех необходимых требований безопасности. Во-вторых, техническое обслуживание представляет собой комплекс организационных и технических мер, которые направлены на эффективное функционирование оборудования для его использования по назначению и предотвращения его несвоевременного износа.

Следует обратить внимание, что в нынешнее время в сфере технического обслуживания и ремонта оборудования на российских предприятиях существует ряд проблем:

- весьма большое количество машин с высоким коэффициентом изношенности, работающих при низком КПД и требующих частого ремонта;
- недостаточное финансирование для модернизации машин и повышение затрат на ТО и Р оборудования в сложившейся экономической ситуации;
- использование устаревших стандартов обслуживания и ремонта оборудования;
- низкий уровень квалификации специалистов, а также их профессиональных возможностей.

Основной целью управления техническим обслуживанием является минимизация необходимости ремонта за счёт совершенствования планирования и применения надлежащих материалов. При эффективном управлении техническим обслуживанием должна быть построена чёткая стратегия профилактического, корректирующего и технического обслуживания. Данная стратегия должна обеспечивать своевременный ремонт, поскольку несоблюдение данного требования может привести к дополнительным повреждениям, дефектам и повышению стоимости последующего ремонта.

Характер и степень эффективности деятельности предприятия зависит от воздействия и учета внешних и внутренних условий [2]. Так, большинство предприятий в настоящее время использует классическую систему профилактических плановых ремонтов, разработанную еще в середине пятидесятых годов двадцатого века. Специфика заключается в профилактической ориентации и планируемом характере. Сущность профилактической ориентации состоит в выполнении ремонта до отказа оборудования, а планируемый характер нуждается в предоставлении структуры, периодичности и количества выполнения сервисных и ремонтных работ. В данной системе передача оборудования в ремонт осуществляется только после определенного количества проработанного времени. В сегодняшние дни данная

система является безнадежно устаревшей. К недостаткам системы можно отнести несоответствие современным стандартам, низкое качество запасных частей и используемых ресурсов, отсутствие внимания к фактическому состоянию оборудования и несоответствие фактических параметров оборудования от проектных.

Ненадлежащие эксплуатационные характеристики комплектующих и эксплуатационных материалов, применяемых при проведении операций по поддержанию исправного технического состояния техники, увеличивают количество затрат на содержание оборудования. Использование бывших в употреблении запасных частей или плохое качество новых непосредственно влияет на безопасность и работоспособность большинства элементов[3].

Эффективная командная работа коллектива является залогом успеха предприятия, она направлена на качественное и оперативное выполнение комплекса операций по эксплуатации оборудования. Случаи неслаженной работы коллектива приводят к увеличению простоев, потери прибыли и увеличению затрат на обслуживание. Также, одним из факторов снижающим эффективные показатели работы предприятия и увеличивающим издержки предприятия является низкий уровень подготовки обслуживающего персонала. Неквалифицированные рабочие выполняют техническое обслуживание и ремонт с нарушением технологического процесса и техники безопасности, что приводит к увеличению количества отказов техники и может стать причиной производственного травматизма. В результате, экономия на подготовке кадров и повышение их квалификации снижает качество выполняемых работ и приводит к издержкам при эксплуатации машин. Очевидным становится тот факт, что навыки технического обслуживания являются показателем хороших эксплуатационных характеристик.

Повышенный коэффициент оборудования приводит к росту числа ремонтов и технического обслуживания. Перебои в обслуживании происходят из-за неспособности выделенной суммы средств покрыть все возникающие потребности. Так, отделам технического обслуживания приходится сталкиваться с недостаточным финансированием, выделенным на ремонтные работы.

Для решения вышеуказанных проблем или сведения их к минимуму требуется провести ряд изменений. Так, при учете факторов повышения степени износа оборудования и недостаточной финансовой обеспеченности для его замены, часть наиболее изношенных машин может быть выведена из эксплуатации, законсервирована или продана. Сэкономленные или полученные от продажи денежные средства могут быть использованы для создания более эффективной системы ремонта и обслуживания техники [4].

Благодаря использованию более современной и эффективной системы обслуживания, предприятие сможет сократить затраты и использовать появившиеся средства для оптимизации оборудования и его улучшения. Неспособность отойти от использования устаревшей системы ремонта и технического обслуживания оборудования является основной трудностью российских предприятий. Данное решение приводит к снижению конкурентоспособности предприятия и уменьшения его прибыли.

Техническое обслуживание и ремонт сочетают в себе административные и технические меры для соответствия производственного оборудования техническому стандарту, дабы оборудование выполняло предполагаемую ему функцию. Впоследствии поддержание оборудования становится одним из самых значимых процессов сохранения их качества и функциональности. Так, ремонт и техническое обслуживание занимает примерно половину объема производства.

Для того чтобы провести разработку должного технического обслуживания требуется понимать, как происходит управление техническим обслуживанием в бизнес-процессе. Система менеджмента качества предоставляет все необходимые сведения для совершенствования технического обслуживания и эксплуатации оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
1. Вылегжанина Е.В. Анализ количественных показателей деловой активности российских предприятий // Вестник УГАЭС. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. - 2012. - № 2 (2). - С. 85-93
2. Алексейчева Е. Ю., Магомедов М. Д., Костин И. Б. Экономика организации (предприятия). Учебник. — М.: Дашков и Ко. 2020. 290 с.
3. Тертышник М. И. Экономика организации. Учебник и практикум. — М.: Юрайт. 2020. 632 с.
4. Ракушинец, Е. Е. Проблемы сферы технического обслуживания в России / Е. Е. Ракушинец // Вопросы науки и образования. - 2018. — № 27(39). - С. 29-32.

УДК 62-822

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ

С.В. Речкин, старший преподаватель
А.В. Сухосыр, старший преподаватель
Н.В. Мамзин, студент
М.Д. Царев, студент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Совершенствование гидростатической трансмиссии и повышение ее КПД остается актуальной проблемой, немалую роль играют перспективы введения ГСТ в конструкцию транспортно-технологических машин.

***Ключевые слова***: гидростатическая трансмиссия, тенденции развития.

В настоящее время ГСТ используется там, где механический привод использовать не рационально, в основном это тихоходные машины, имея ряд преимуществ, гидростатическая трансмиссия зарекомендовала себя, как перспективная технология, но при этом все же имеет ряд существенных недостатков.

Рациональным способом является модернизация и внедрение новых технологий, благодаря свойствам, которых повышается КПД техники.

Целью данной работы является изучение тенденции развития гидростатических трансмиссий, посмотреть на их пользу и недостатки.

Актуальность работы обоснована необходимостью изучения новых методов совершенствования ГСТ и перспектив их использования.

Научная новизна работы заключается в теоретическом изучении плюсов и минусов новых технологий и введение их в технику.

Гидростатическая трансмиссия - это гидравлический привод с закрытым контуром, в состав которого входят гидронасос и гидромоторы. Предназначен для передачи механической энергии от вала к исполнительному органу машины, посредством бесступенчатого регулируемого по величине и направлению потока рабочей жидкости (рис. 1).




Рисунок 1. Основные элементы ГСТ

Изначально ГСТ как технология была разработана военными, еще в 20 веке, и имела мало схожих особенностей с современными прототипами. На сегодняшний день в мире ГСТ широко используется там, где применение механических передач для передачи крутящего момента от двигателя к колёсам не рационально[1]. Например в карьерных самосвалах, экскаваторы и грейдеры. Так же гидростатическая трансмиссия нашла применение в сельскохозяйственной технике такой как колёсные и гусеничные тракторы и зерноуборочные комбайны (рис. 2). Все перечисленные транспортные средства являются тихоходными.



Рисунок 2. Техника использующая ГСТ

Главным достоинством гидростатической трансмиссии является возможность изменения передаточного отношения, что позволяет гораздо лучше использовать крутящий момент двигателя машины по сравнению с механическим приводом. Поскольку частоту вращения можно привести к нулю, возможен плавный разгон машины с места. Малые скорости движения особенно нужны для строительных и сельскохозяйственных машин. Даже значительное изменение нагрузки не влияет на выходную частоту вращения, поскольку проскальзывание у данного типа трансмиссии отсутствует

Достаточно широкое применение ГСТ обусловлено рядом преимуществ перед

механическим приводом, а именно: - плавное изменения передаточного отношения трансмиссии, позволяет эффективно использовать крутящий момент ДВС транспортного средства[2]. Второе преимущество упрощение конструкции, применение ГСТ позволяет отказаться от карданных валов, и мостов, что значительно упростит конструкцию техники и сделает ее надежнее.

Тем не менее гидростатическая трансмиссия не лишена недостатков.

Первый и самый существенный недостаток, это низкий КПД, эффективность на 20 процентов ниже, чем у скользящих зубчатых передач. При этом возникает высокая нагрузка на двигатель. Также насосы ГСТ подвержены частым повреждениям.

Второй недостаток, при управлении техникой с ГСТ требуется особая внимательность, когда речь идет об ускорении. Легкое нажатие на педаль может бесконтрольно двигать вперед[3]. Не большое усилие может привести раскачиванию автомобиля. Третим недостатком является, дороговизна производства и обслуживания гидростатической трансмиссии, если система не смазана, могут возникнуть проблемы с техническим обслуживанием, поэтому требуется частая замена масла.

Решению данных проблем посвящены ряд работ. На сегодняшний день имеются концепты а так же опытные образцы что подтверждает их техническую новизну и изобретательский уровень. Для повышения КПД трансмиссии существует ряд способов:

- Новые методы решения компоновки ГСТ, способные снизить потери на пути от рабочей камеры насоса до рабочей камеры гидромотора;
- новые конструктивные решения элементов ГСТ, позволяющие снизить их металлоёмкость, механическое и гидравлическое трение[2];
- Настройка и выбор оптимальных параметров ГСТ.

Так же была разработана полностью электронная система управления, что позволило легко реализовывать и внедрять любые программы по управлению, получать удаленный доступ и контроль параметров, существенно упростить управление[4].

Широкое применение синтетических масел (рис. 3), развитие электроники значительно, упростили управление техникой, и значительно удешевили производство, и обслуживание ГСТ.




Рисунок 3. Отечественное масло используемое в ГСТ

Таким образом, для устранения недостатков, существует множество способов модернизации ГСТ, применяя другую конструкцию, новейшую электронику, и качественную смазку, можно гарантированно придти к увеличению КПД и сохранить трансмиссию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О.В. Ворожцов Тенденции развития гидростатической трансмиссии УДК 629.3.032.26

2. Интернет источник Что такое ГСТ? Знакомимся с гидростатической трансмиссией [http://rosdst.ru/news/?novost=396]
3. Интернет источник Недостатки гидростатической трансмиссии [https://autoabra.com/avtomehanika/nedostatki-gidrostaticheskoj-transmissii/]
4. Интернет источник Гидростатическая трансмиссия как прорывная конкурентная технология [https://os1.ru/article/20455-gidrostaticheskaya-transmissiya-kak-proryvnaya-konkurentnaya-tehnologiya]

УДК 621.793/795

# АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ

В.Н. Хрянин, канд. техн. наук, доцент
Ю.Е. Варавин, студент
И.В. Вяткин, студент
Г.С. Аптикашев, магистрант
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье приведен анализ способов подготовки поверхностей восстанавливаемых деталей перед нанесением металлопокрытий. Анализируется влияние качества подготовки поверхности на адгезионную прочность наносимого материала и на ресурс восстановленной детали в целом. Рассматриваются предпосылки применения известных способов подготовки поверхностей при восстановлении деталей методом газодинамического напыления.

***Ключевые слова:*** восстановление деталей, нанесение металлопокрытий, подготовка поверхности, шероховатость, напыление, адгезионная прочность, остаточные напряжения, механическая обработка, наплавка, газодинамическое напыление.

Одна из основных задач при ремонте машин состоит в восстановлении первоначальных характеристик поверхностных слоев деталей, которые были нарушены при эксплуатации машины. Для этого при реализации технологических процессов восстановления деталей необходимо учитывать условия их работы в узлах и механизмах с целью обеспечить необходимые свойства восстановленных поверхностей.

Важнейшими требованиями к поверхностям восстанавливаемых деталей является то, что они должна обеспечивать работу детали, как правило, не хуже, чем исходная поверхность. Известно, что при правильном выборе металлопокрытий можно значительно повысить эксплуатационные характеристики восстанавливаемых деталей, такие как: износостойкость, коррозионную стойкость и др.

Зачастую при восстановлении деталей нанесенные металлопокрытия далеко не всегда удовлетворяют предъявляемым требованиям абсолютно по всем параметрам. Например, зачастую при нанесении металлопокрытий может происходить значительный нагрев восстанавливаемой детали, который в свою очередь приводит к возникновению неблагоприятных растягивающих напряжений и как следствие к деформации самой детали. Кроме того, происходит изменение свойств поверхностного слоя, происходящего за счет взаимной диффузии наращиваемого материала и материала самой детали.

Особое внимание необходимо уделять условиям подготовки и формированию восстанавливаемых поверхностей деталей способом нанесения металлопокрытий. В связи с этим задача по выбору оптимального метода и разработки технологии подготовки поверхностей деталей и нанесения металлопокрытий на них при восстановлении является крайне актуальной.

Известно, что состояние поверхности, подготовленной для нанесения металлопокрытий, может оказывать значительное влияние на ресурс восстановленной детали в целом, одной из таких характеристик является адгезионная прочность наносимого материала.

Адгезия наносимого материала напрямую зависит от качества подготовленной поверхности. При подготовке поверхности особое внимание уделяется тщательному удалению с поверхности всех загрязнений и, так называемой, активации поверхности.

В свою очередь, помимо группы очистных операций (мойка, обезжиривание, травление), при восстановлении деталей машин наиболее широкое распространение нашли механические способы подготовки поверхности, которые, наряду с очисткой поверхности от загрязнений позволяют изменять ее шероховатость и одновременно активировать поверхность различными видами дислокаций.

Применяемые в ремонтном производстве пескоструйные и дробеструйные установки позволяют не только удалить с поверхности восстанавливаемых деталей различные виды загрязнений, создать более низкую шероховатость и уменьшить количество микроповреждений, а также способствуют возникновению в поверхностных слоях остаточных микронапряжений сжатия, что, безусловно, приводит к повышению усталостной прочности восстанавливаемых деталей.

Одним из основных показателей определяющих качество подготовленной поверхности восстанавливаемой детали под нанесение покрытия, от которой зависит прочность ее сцепления, является шероховатость поверхности. В связи с этим большее применение при подготовке поверхностей к напылению получила абразивная обработка. Исследования показывают, что наиболее рациональными режимами при ее выполнении являются: давление сжатого воздуха 0,4 – 0,7 МПа; расстояние до обрабатываемой поверхности 100 – 150 мм; угол встречного потока с поверхностью 60 – 90°; время обработки 25 – 30 с; размер и расход абразивных частиц 0,3 – 1,5 мм и 300 – 500 кг/ч соответственно. [1]

Для обеспечения адгезионной прочности немаловажную роль играет и время выдержки после обработки деталей, которое не должно превышать 24 ч. В то же время с целью сохранения максимального уровня положительных сжимающих микронапряжений в поверхностном слое восстанавливаемой детали время выдержки не должно быть больше 2 – 5 ч. [1]

Известно, что при абразивной обработке более чем в десять раз может увеличиваться площадь поверхности взаимодействия наносимого материала с материалом восстанавливаемой детали, что позитивно влияет на адгезионную прочность получаемого покрытия. Бесспорными преимуществами пескоструйной и дробеструйной обработок являются также их высокая производительность и возможность обрабатывать детали с поверхностями любой конфигурации.

В практике порой перед абразивной обработкой применяют дополнительные способы обработки, позволяющие увеличить неровности поверхности изделий для нанесения покрытий. Выбор способа подготовки поверхности осуществляется в зависимости от толщины покрытия и требований к прочности сцепления покрытия, износостойкости и усталостной прочности изделия.

Еще одним высокоэффективным методом подготовки поверхностей под напыление при восстановлении деталей является нарезание «рваной» резьбы.

Выполняется это нарезание специальным резцом, установленным с большим вылетом и эксцентриситетом относительно оси вращения детали. При этом вовремя обработки детали возникает вибрация резца, что и приводит к образованию поверхности с зазубринами и заусенцами. Скорость вращения детали при нарезании «рваной» резьбы должна быть на 15…20% меньше, чем при обычном точении. [2]

Иногда на практике, с целью увеличения производительности процесса, нарезание «рваной» резьбы заменяют накаткой резьбы, что положительно сказывается на повышении

усталостной прочности восстанавливаемых деталей, однако при этом выявлено снижение адгезионной прочности наносимого в дальнейшем материала основным металлом детали.

Для восстановления деталей с высокой твердостью, которые плохо поддаются обработке рассматриваемыми выше способами, рекомендуется перед напылением покрытия предварительная приварка проволоки. Для этого на первом этапе на наружную цилиндрическую поверхность детали наматывают проволоку диаметром 0,5…1,6 мм и с шагом равным 3-5 величин ее диаметра. На втором этапе эту проволоку закрепляют при помощи сварки и далее проводят пескоструйную обработку. Рекомендуемый способ позволяет повысить прочность сцепления более чем на 20%. Применение данного способа связано с небольшими ограничениями, а именно то, что толщина наносимого материала должна быть не менее 0,7 мм.

Подготовка поверхностей восстанавливаемых деталей под нанесение металлопокрытий может осуществляться также с помощью шлифования крупнозернистыми абразивными кругами. Так для получения поверхностей под напыление с шероховатостью Ra 25…100 мкм, рекомендуется использовать абразивные круги из электрокорунда с зернистостью 60…100. [2]

В современных условиях специализированные предприятия по восстановлению деталей машин с целью повышения качества и эффективности своей деятельности продолжают поиск и совершенствование новых методов нанесения металлопокрытий. Так в последнее время наиболее динамично развивающимся методом и находящим все более широкое применение в ремонтном производстве является метод холодного газодинамического напыления (ХГН), который отличается от газотермических методов напыления высокой скоростью газового потока и относительно низкими температурами процесса. Однако вопросы подготовки поверхности под напыление методом ХГН, на наш взгляд, еще недостаточно исследованы и требуют дальнейшего изучения. [3-4]

Таким образом, при обосновании выбора способа подготовки поверхности под нанесение различных материалов необходимо учитывать назначение покрытия и какие эксплуатационные свойства необходимо обеспечить у восстанавливаемой детали. Обеспечение высокой адгезионной прочности получаемого покрытия с основным материалом является одной из главных задач при восстановлении деталей машин методами напыления. Следовательно, повышение адгезионной прочности сцепления металлопокрытий является актуальной задачей, стоящей перед технологами специализированных предприятий по восстановлению деталей машин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спектор, Ю.Е. Технология нанесения и свойства покрытий / Ю.Е. Спектор, Р.Г. Еромасов – Красноярск: ФГОУ ВПО «Сибирский Федеральный университет», 2018, 265 с.

2. Восстановление деталей напылением [Электронный ресурс]: науч. журн. / Режим доступа: https://extxe.com/1839/vosstanovlenie-detalej-napyleniem/ (дата обращения: 26.10.2022)

3. Пузанов С.О. Обоснование выбора материала покрытия при восстановлении деталей методом холодного газодинамического напыления / С.О. Пузанов, М.Ю. Рябчиков, В.А. Мохов, В.С. Погонцева, В.Н. Хрянин // Материалы XI региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов "Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования". - Новосибирск, 2019. - 268-273 с.

4. Хрянин В.Н. Обоснование применения метода холодного газодинамического напыления при восстановлении деталей / В.Н. Хрянин, С.О. Пузанов, В.А. Мохов // X Региональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов "Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования". - 2018. - С. 235-240.

УДК 621.43.057.5

# ВЛИЯНИЕ АКТИВАТОРОВ ТОПЛИВА «МОТОРЕСУРС» И «RESTART SUPER» НА ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Г.В. Шнитков, старший преподаватель
М.Л. Вертей, канд. техн. наук
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной статье произведёна оценка экономической эффективности активаторов топлива «МОТОРЕСУРС» И «RESTART SUPER» с различными концентрациями на дизельном двигателе.

***Ключевые слова*:** дизельное топливо, топливные присадки, активатор топлива, экономия дизельного топлива.

На рынке предлагается большое количество присадок, модификаторов, активаторов топлива, которые по заявлению производителей, повышают технико-экономические показатели двигателя внутреннего сгорания [1,2]. Однако, результаты лабораторных испытаний, подтверждающие заявленные показатели (особенно экономические) отсутствуют.

Цель работы: оценить влияние активаторов топлива «МОТОРЕСУРС» И «RESTART SUPER» в разных концентрациях на экономические показатели дизельного двигателя.

В испытаниях участвовали одни из самых распространённых активаторов топлива: активатор топлива «Моторесурс» с концентрациями: 1, 2 мл на 1 л дизельного топлива и активатор топлива «ReSTART SUPER» с концентрациями: 1,5 и 3 мл на 10 л дизельного топлива [3, 4] (рисунок 1). Согласно производителя при применении данных активаторов топлива достигаются следующие эффекты: снижение расхода топлива до 15 %, повышение мощности двигателя, повышение цетанового числа дизельного топлива, очистка топливной системы и камеры сгорания двигателя, снижение нагарообразования в камере сгорания, снижение закоксованности поршневых колец, значительное уменьшение токсичности отработавших газов.




Рисунок 1 – Оцениваемые активаторы топлива

Общий вид экспериментальной установки дизельного двигателя представлен на рисунке 2. Она состоит из двигателя Д-240 дефорсированного по частоте вращения коленчатого вала, соединённого карданной передачей со стендом КИ-5542.

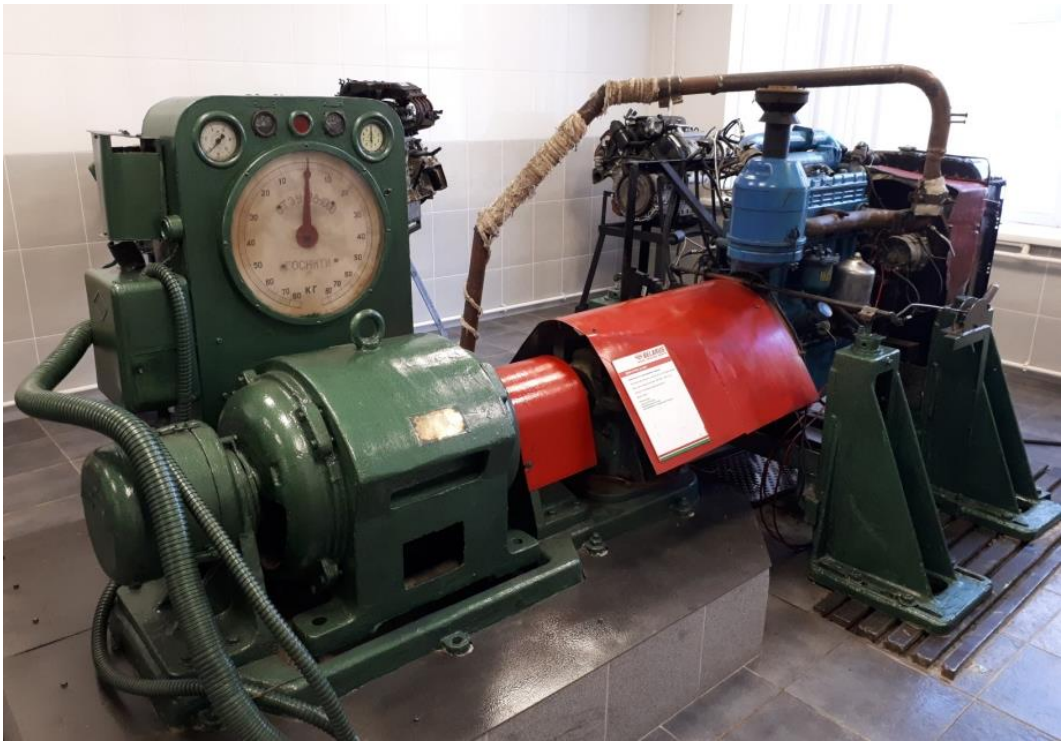


Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки.

Топливо для испытаний было закуплено одной партией. Активаторы топлива были добавлены с требуемой дозировкой в отдельные ёмкости с топливом и тщательно перемешаны. Временной интервал от добавления катализаторов в топливо до момента начала стендовых испытаний – более 12 часов.

Для выявления изменения экономических показателей дизельного двигателя были сняты регуляторные характеристики на дизельном топливе и на дизельном топливе с добавлением активаторов топлива. При проведении экспериментальных исследований измерялись: частота вращения коленчатого вала, нагрузка стенда, время расхода топлива, температура двигателя.

Сравнительные испытания проводились по общепринятым стандартным методикам [5,6]. Расход топлива за опыт на одном режиме составлял 200 г ($G_{ОП}$) и повторность опытов на каждом топливе составила 3 раза. Температура двигателя поддерживалась в диапазоне 80-85° С. Погрешность результатов испытаний не превышает значений регламентируемых ГОСТ 52517-2005 и ГОСТ 51249-99.

По протоколам испытаний рассчитаны технико-экономические параметры двигателя, построены сравнительные графики часового расхода топлива с добавлением различных активаторов (рисунок 3).

Для наглядности результатов выделим участки часового расхода топлива соответствующие холостому ходу, 25%, 50%, 75% и 100% нагрузке двигателя. Сравнительные графики представлены на рисунке 4.

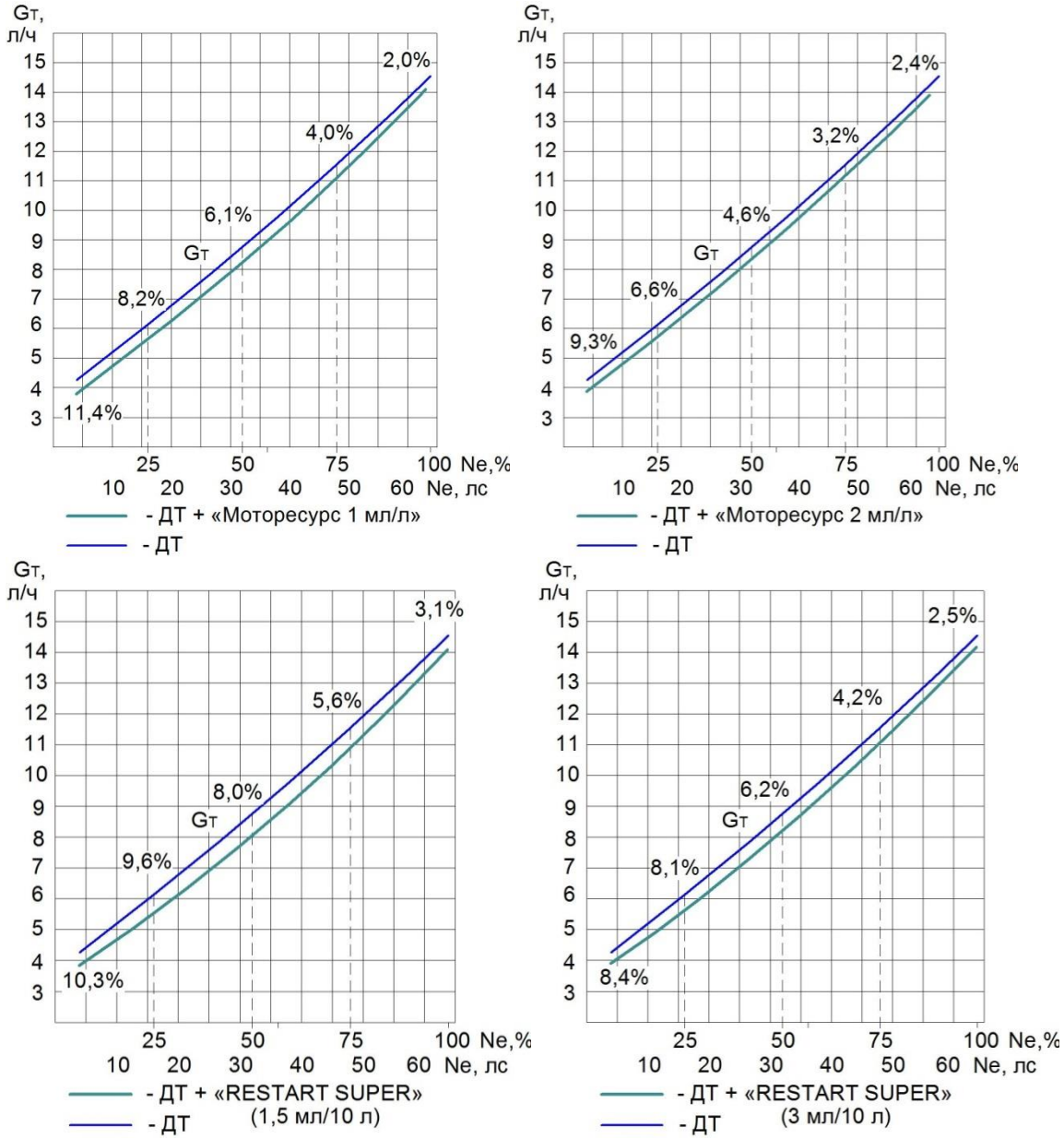



Рисунок 3 – Изменение часового расхода топлива.

Сводные результаты по изменению часового расхода топлива представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

Экономия дизельного топлива в зависимости от загрузки двигателя.

| № | Название активатора топлива | Экономия топлива (%) в зависимости от нагрузочного режима двигателя (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | XX | 25% $N_e$ | 50% $N_e$ | 75% $N_e$ | 100% $N_e$ |
| 1 | Активатор Топлива «Моторесурс» (1 мл/л) | 11,4 | 8,2 | 6,1 | 4,0 | 2,0 |
| 3 | Активатор Топлива «Моторесурс» (4 мл/л) | 8,2 | 7,6 | 6,2 | 4,2 | 1,9 |
| 4 | Активатор Топлива «RESTART SUPER» (1,5 мл/10 л) | 10,3 | 9,6 | 8,0 | 5,6 | 3,1 |
| 5 | Активатор Топлива «RESTART SUPER» (3 мл/10 л) | 8,4 | 8,1 | 6,2 | 4,2 | 2,5 |

Как видно из графиков (рисунок 3) эффект экономии топлива присутствует, но зависит от режимов работы двигателя и снижается при увеличении нагрузки на двигатель: на холостом ходу он максимальный (достигает 11,5 %), но это вспомогательный режим без полезной работы, на максимальной загрузке эффект экономии минимален и не превышает 3,1%.

Произведён расчет экономии денежных средств на топливо при его стоимости 57,7 руб./л., и стоимости активаторов на 1 л топлива: «Моторесурс» - 2,4 руб./л, «RESTART SUPER» - 0,9 руб./л. при загрузке двигателя на 25%, 50% и 75% (основные эксплуатационные режимы работы дизельного двигателя). Результаты экономии топлива представлены таблице 2.

*Таблица 2*

Экономия денежных средств затрат на топливо при добавлении активаторов горения.

| Активатор топлива | Удорожание дизельного топлива, р/л (%) | Экономия ДТ, % (фактическая экономия, %) | | | Заявленная экономия, % |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 25% $N_e$ | 50% $N_e$ | 75% $N_e$ | |
| АТ «Моторесурс» (1 мл/л) | 2,4 (4,2) | 8,2 **(4,0)** | 6,1 **(1,9)** | 4,0 **(-0,2)** | до 15% |
| АТ «Моторесурс» (2 мл/л) | 4,8 (8,3) | 6,6 **(-1,7)** | 4,2 **(-4,1)** | 3,2 **(-5,1)** | до 15% |
| АТ «RESTART SUPER» (1,5 мл/10 л) | 1,35 (2,3) | 9,6 **(7,3)** | 8,0 **(5,7)** | 5,6 **(3,3)** | до 15 % |
| АТ «RESTART SUPER» (3 мл/10 л) | 2,7 (4,7) | 8,1 **(3,4)** | 6,2 **(1,5)** | 4,2 **(0,5)** | - |

Выводы: оцениваемые активаторы топлива, не достигают даже половины своих заявленных показателей по экономии дизельного топлива на рабочих режимах. Из оцениваемых активаторов горения самым эффективным оказался АТ «RESTART SUPER» с концентрацией 1,5 мл/10 л. При котором максимальная экономия денежных средств на топливо составляет 7,3 % при загрузке двигателя на 25 %, а при загрузке на 75 % снижается до 3,3 %. Применение активатора топлива «RESTART SUPER» с концентрацией 3 мл/10 л и «Моторесурс» (1 мл/л), дает среднюю экономию в мощностных режимах порядка 2 % . А при добавлении активатора топлива «Моторесурс» с концентрацией 2 мл/л, экономия денежных средств вообще отсутствует.

Из всех оцениваемых активаторов топлива для целесообразно применять «RESTART SUPER» с концентрацией 1,5 мл/10 л, при котором достигается средняя экономия денежных средств на мощностных режимах порядка 5,5 %, при среднем снижении расхода дизельного топлива на 7,8 % вместо заявленных 15%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шнитков Г.В. Влияние активаторов топлива «Моторесурс» и «Restart Super» на эффективные показатели бензинового двигателя Г.В. Шнитков, М.Л. Вертей // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования. Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова. 2020. С. 167-169

2. Шнитков Г.В. Влияние активаторов топлива на эффективные показатели дизельного двигателя. Г.В. Шнитков, М.Л. Вертей // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования. Материалы XI региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 75-летию Инженерного института. 2019. С. 342-346.

3. Активаторы Топлива МОТОРЕСУРС на 250 литров топлива. [Электронный ресурс] – Режимдоступа:
https://motoresurs.ru/shop/goods/aktivator_topliva_motoresurs_na_250_litrov_topliva-101 (дата обращения 10.10.2022)
4. Активатор Топлива «ReSTART» Дизель на 1000 литров топлива. [Электронный ресурс] – Режим доступа:
https://motoresurs.ru/shop/goods/aktivator_topliva_ReSTART_dizel_na_1000_litrov_topliva-159 (дата обращения 10.10.2022)
5. Трубников Г. И. Практикум по автотракторным двигателям. М., «Колос», 1975. 192 с.
6. ГОСТ 14846–81 Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М.: Госстандарт, 1981.

УДК 621.432

## ОЦЕНКА МАСЛЯННЫХ ФИЛЬТРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Г.В. Шнитков, старший преподаватель
А.П. Лашкевич, студент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной статье произведёна сравнительная оценка масляных фильтров двигателей внутреннего сгорания по основным конструктивным параметрам.

***Ключевые слова:*** масляный фильтр, система смазки, износ, площадь фильтровальной бумаги, противодренажный клапан.

Современные двигатели дополнены рядом механизмов повышающих его технико-экономические параметры. Некоторые механизмы приводятся в действие маслом от системы смазки и являются неотъемлемой её частью такие как: гидронатяжитель цепи газораспределительного механизма (ГРМ), механизм изменения фаз газораспределения, гидрокомпенсаторы ГРМ и т.д [1, 2, 3]. Для удовлетворительной работы данных механизмов предъявляются высокие требования к качеству моторного масла и его фильтрации.

Сегодня в легковых автомобилях повсеместно применяются полнопоточные бумажные фильтрующие элементы, через которые проходит всё масло, поступающее в систему смазки. При высокой засорённости фильтрующий элемент создаёт повышенное сопротивление, тем самым снижая давление масла в системе. А при очень высокой засорённости срабатывает перепускной клапан и масло поступает в мотор неочищенным, особенно при высокой вязкости масла при отрицательных температурах, что приводит к ухудшению работы смазочной системы и как следствие к повышенному износу двигателя [1, 2, 3]. Из-за ограниченности площади фильтровальной бумаги масляный фильтр имеет свой ресурс (определённую «грязеёмкость»).

Российские производители ДВС для легковых автомобилей (М 1), а так же лёгких грузовиков (N 1) используют сменные корпусные масляные фильтра. Эти фильтра по сути унифицированные т.к. имеют одинаковый посадочный диаметр и крепёжную резьбу М16х1,25, а отличаются только размером (объемом), в зависимости от рабочего объёма двигателя (ВАЗ, ЗМЗ, УМЗ) [4, 5].

На рынке присутствует много предложений масляных фильтров как отечественного, так и импортного производства приблизительно в одной ценовой категории [4, 5]. Но из-за экономических и политических событий 2022 года некоторые производители ушли с рынка, а некоторые повысили цену на продукцию. Масляные фильтра, характеризуются несколькими параметрами: ценой, размером, площадью фильтровальной бумаги, качеством фильтровальной

бумаги, качеством противодренажного клапана (как быстро нарастает давление в масляной системе после пуска ДВС), давлением открытия перепускного клапана [1].

При выборе масляного фильтра многие отдают предпочтение «раскрученности» бренда, некоторые опираются на ценовую категорию – как правило, в меньшую сторону. Действительные характеристики фильтров практически нигде не отражены, хотя бы одного – площадь фильтровальной бумаги, который характеризует пропускную способность и «грязеёмкость» фильтра.

Для того, чтоб определить действительно ли чем дороже фильтр тем он лучше, а так же чем больше размер фильтра тем больше его «грязеёмкость», произведёна сравнительная оценка самых распространённых фильтров на примере автомобиля LADA-NIVA по основным параметрам за исключением – качество фильтровальной бумаги (очень сложно проверить).

На данный автомобиль устанавливались следующие фильтра: 1 - «оригинальный» LADA 21050-1012005-82 для ДВС ВАЗ-21214 (как на LADA-NIVA), 2 – аналог оригинала MANN W920/21, 3 – Невский фильтр NF-1001, 4 – аналог оригинала для двигателя ВАЗ-21127 (LADA-Granta) MANN W914/2 (уменьшенная копия W920/21), 5 – Vic C-110, 6 – Vic C-113, 7 – Vic C-114, (рисунок 1), на которых автомобиль проезжал 6 тыс. км.




Рисунок 1 – Оцениваемые масляные фильтра

Для оценки конструктивных параметров, фильтра вскрывались при помощи УШМ сохраняя в целостности противодренажный клапан и фильтровальную бумагу (рисунок 2). После вскрытия производилась оценка. Оцениваемые параметры, представленных в таблице 1.



Рисунок 2 – Вскрытые масляные фильтра



Рисунок 3 – Оценка давления открытия перепускного клапана

*Таблица 1*

Оценочные параметры масляных фильтров.

| Параметр масляного фильтра | Масляный фильтр | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Vic C-110 | Vic C-113 | Vic C-114 | MANN W914/2 | MANN W920/21 | Lada | NF-1001 |
| Цена, р. | 308 | 333 | 364 | 660 | 758 | 371 | 302 |
| Объём, $см^3$ | 250 | 300 | 408 | 468 | 645 | 638 | 624 |
| Площадь фильтровальной бумаги, $см^2$ | 767 | 962 | 1295 | 696 | 1184 | 1206 | 1293 |
| Состояние противодренажнго клапана | Выполнен из силикона, эластичность на высоком уровне – хорошие противодренажные свойства | | | Выполнен из силикона, эластичность на среднем уровне (хуже чем у Vic) – удовлетворительные противодренажные свойства | | Выполнен из резины, не удовлетворительная эластичность (хуже чем у Man) – не удовлетворительные противодренажные свойства | |
| Давление открытия перепускного клапана, МПа | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,17 | 0,15 | 0,18 | 0,11 |

После сравнения фильтров по данным параметрам можно сделать следующие выводы:

1. Самыми дорогими являются фильтра фирмы MANN, практически в два раза дороже оцениваемых аналогов.

2. Эластичность противодренажного клапана, влияет на плотность прилегания его к седлу (чем эластичнее – тем плотнее). Более эластичные клапана позволяют дольше удерживаться маслу в масляных каналах и не стекать в поддон картера двигателя при его остановке, особенно с горизонтальным креплением фильтров (ВАЗ, ЗМЗ, УМЗ). Что при последующем пуске снижает время подачи масла к поверхностям трения, приводящее к снижению износа т.к. частота после пуска ДВС некоторое время больше частоты холостого хода в 1,5-2 раза.

На оцениваемых отечественных фильтрах (Lada, Невский фильтр) противодренажный клапан выполнен из резины и при работе длительное время в масляной среде и высокой температуре становится грубым и не эластичным, что снижает его эффективность в работе. У фильтров MANN и Vic противодренажный клапан выполнен из силикона, который в процессе эксплуатации сохраняет эластичность в отличие от резинового, у Vic клапан

эластичнее, чем у MANN. По этому, из оцениваемых фильтров у Vic самый эффективный противодренажный клапан.

3. Фильтра LADA, MANN W920/21 и NF-1001 имеют одинаковый объём (из оцениваемых наибольший) и практически одинаковую площадь фильтровальной бумаги – с соотношениями площади бумаги 1,93 $см^2$ на 1 $см^3$ объёма фильтра, но у MANN качество противодренажного клапана лучше, однако цена выше в два раза.

4. Самую маленькую площадь бумаги из оцениваемых фильтров имеет MANN W914/2 с соотношением 1,49 $см^2$ бумаги на 1 $см^3$ объема. Самый маленький из оцениваемых фильтров Vic-C110 имеет объём на 47% меньше чем MANN W914/2, при этом площадь бумаги у него больше на 10 % и противодренажный клапан лучше. Что ускоряет его наполнение его маслом при пуске.

5. На двигателях как и на рассматриваемом автомобиле LADA-NIVA где масляный фильтр установлен горизонтально, и после длительной остановки двигателя (несколько дней) фильтр становится наполовину пустой. Большой объёма фильтра приводит к более длительному его наполнению и нарастанию давления в масляной системе в послепусковом режиме двигателя, что приводит к увеличению износа, т.к. запаздывает подача масла к трущимся поверхностям деталей и к приводимым маслом механизмов ГРМ (гидронатяжитель цепи, гидрокомпенсаторы, механизм изменения фаз газораспределения, что приводит к увеличению износа.

6. Фильтр японского производителя Vic C-114 (со средней ценовой категорией как и у «оригинального» Lada). Имеет наибольшую площадь фильтровальной бумаги 1295 $см^2$ , что на 7 % больше, чем у «оригинального» Lada, при этом объём фильтра меньше на 36 % чем фильтр Lada. Следовательно фильтр Vic C-114 быстрей наполняется когда не полный. У данного фильтра лучший противодреннажный клапан из оцениваемых и соотношение площади фильтровальной бумаги составляет 3,17 $см^2$ на 1 $см^3$ объёма – максимум «грязеёскости» при малом объёме.

7. Оцениваемые фильтра MANN уступают фильтрам Vic не только по цене (почти в 2 раза) но и по всем остальным параметрам.

8. Исходя из полученных результатов – оптимальным из оцениваемых масляных фильтров для автомобиля LADA-NIVA является Vic C-114. Использование данного фильтра обуславливает наибольший период эксплуатации на двигателе из-за максимальной площади фильтровальной бумаги («грязеёмкость»), отличного соотношения площади бумаги к объёму и качеству противодренажного клапана сохраняющего свою эластичность в течении всего периода эксплуатации, приводящее к быстрому нарастанию давления в системе смазки двигателя. Применение данного фильтра приведёт к более быстрому подводу масла к трущимся поверхностям деталей даже в режиме пуска двигателя и приводимых ей в действие механизмов, и скажется на ресурсе двигателя в положительную сторону.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А.М. Основы конструкции автомобиля / А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевски и др. – М. ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 336.: ил.

2. Яковлев В.Ф. УЧЕБНИК ПО УСТРОЙСТВУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ / В.Ф. Яковлев – Москва: Третий Рим, 2008. 78 с.

3. Шнитков Г.В. Способ увеличения срока службы масляного фильтра двигателя внутреннего сгорания. Г.В. Шнитков, И.А. Кузнецов / Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования. Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова. 2020. С. 96-97

4. Предложения для Vic. [Электронный ресурс] – Режимдоступа: https://exist.ru/Price/?pid=7650196E (дата обращения 10.10.2022)

5. МАСЛЯННЫЙ ФИЛЬТР MANN. [Электронный ресурс] – Режимдоступа: https://filter-mann.ru/katalog/maslyanie-filtri-mann (дата обращения 10.10.2022)

## *Прогноз в развитии технического сервиса: структура, информационное, материальное и кадровое обеспечение*

УДК 658.5.011

# АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕНОВАЦИОННОГО МОСТА «БЕЛАРУСЬ – СИБИРЬ, ДАЛЬНИЙ ВОСТОК – МИНСК, НОВОСИБИРСК»

Г.П. Бут, ветеран труда, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Негативное состоянием становления реновационной отрасли в системе технического сервиса АПК, её технологического и инженерного обеспечения сохраняет высшую степень актуальности. Особенно остро эта проблема выделяется для регионов Сибири и Дальнего Востока в связи с полным прекращением функционирования заводов сельхозмашинстроения и разрушением производственных и научно-образовательных связей с инженерными институтами (факультетами) ГАУ, В настоящее время в сфере технического сервиса АПК, например, для энергонасыщенных тракторов «БЕЛОРУС» в Технических центрах «Агросервис» Новосибирского региона реализуются лишь текущие ремонты по состоянию. Реновационные производства отсутствуют. Нет ни информационной, ни технологической готовности для старта таких производств. Кафедра «Надёжность и ремонт машин» ИИ НГАУ проявляет инициативу по установлению научно-производственных и образовательных контактов со Службой фирменного сопровождения Минского тракторного завода с целью создать реновационные производства для энергонасыщенных колёсных тракторов МТЗ и, одновременно, вновь открыть специальность, по аналогии с советским периодом, для подготовки инженеров реновационных производств специалитета с направлением выпускников на рабочие места в регионы Сибири и Дальнего Востока.

***Ключевые слова:*** технический сервис, реновационные производства, инертность становления, жизненный цикл, активная зона, запросы, информационная поддержка, документация, фирменное сопровождение, разобщённость, обеспечение, запрос-предложение, рабочая программа, план намерений, сбор информации.

В связи с чрезвычайно сложным положением нашего Отечества в условиях критического противостояния с Западом решение неотложных народно-хозяйственных задач предопределяет необходимость четкого анализа, переосмысления, пересмотра подходов с целью ускоренного их решения под прицелом точности, эффективности и своевременности их исполнения в режиме мобилизации военного времени.

В различных секторах экономики нашего Отечества отмечается накопление сложных и неотложных задач, определяемых логикой самой жизни. В программе нашей очередной научно-практической конференции, теперь уже приобретающей статус «международной», заметно широко охватываются проблемы совершенствования технического сервиса в агропромышленном комплексе (АПК). *Чрезвычайно важная проблема, которая уже двумя десятилетиями XXI века и сегодня сохраняет высшую степень актуальности,* связана с состоянием становления реновационной отрасли системы технического сервиса, её технологического и кадрового, прежде всего, инженерного обеспечения (*реновация – восстановление, вторичное производство машин, составных частей, деталей* [1,5]). Процесс становления данной отрасли имеет *направленность решения динамичного комплекса задач в рамках жизненного цикла машин.* Превалирующая доля участия в решении этих задач традиционно определяется профильным кафедрам ремонта машин инженерных факультетов (*инженерных институтов*) аграрных вузов при фирменном

сопровождении (ФС) заводов-изготовителей. Для нашего ГАУ – кафедре «Надёжность и ремонт машин» Инженерного института.

В связи с отмеченным для дальнейшего обсуждения выше названной проблемы целесообразно конкретно назвать и ранжировать эти задачи в следующей логически последовательной временной реализации в привязке к процессам жизненного цикла машин: *Использование машин по назначению* – диагностика-технические обслуживания (ДТО) – *Текущие ремонты по состоянию*[1] – ДТО – *Вторичное производство машин*[2] (*реновация*): дефектация и капитальный ремонт *на основе широкого использования восстановленных ресурсоопределяющих деталей в цехах реновационных производств*; сбор и доставка отбракованных деталей в цех рециклинга – ДТО – *Переход машин в фазу утилизации*: Разборка машин и дефектация деталей[3] *с целью отбора годных для восстановления* и *отбраковки для рециклинга* – *Вторичное производство деталей*[4] (*восстановление*) на специализированных участках цехов утилизации – *Передача выбракованных деталей на участки хранения* логистической линии рециклинговых цехов (*производств*). Поясним: цифрами и курсивом по тексту обозначены *активные зоны реновационных технологических воздействий* на целостные и составные части и детали объектов реновационных цехов и участков. Представленный полноформатный процесс жизненного цикла машины по наиболее значимой линии реновационных пробразований (*например, для энергонасыщенного трактора «Беларус»*) должен в идеале запускаться в режиме реального времени с полным организационным, информационным и инженерно-технологическим обеспечением на основе действующей фирменной производственно-технологической системы [1], в нашем случае, конкретного завода отрасли сельхозмашиностроения – Минского тракторного завода (МТЗ), другими словами, в условиях информационной и технологической поддержки Службы фирменного сопровождения (ФС) завода-изготовителя. В действительности в Технических центрах ООО «Агросервис» Новосибирского региона для энергонасыщенных тракторов «Беларус» осуществляются воздействия лишь по первой активной зоне. В системе технического сервиса АПК этого региона и, в целом, всех регионов Сибири и Дальнего Востока для реализации реновационных воздействий по активным зонам 2,3 и 4 готовность отмечается на нулевом уровне. То есть, реновационная отрасль, по существу, отсутствует. Её необходимо создавать с опорой на позитивный опыт и уроки предшествующего советского времени.

Становление и развитие реновационных производств (*специализированных ремонтных предприятий*) в нашем Отечестве относилось к периоду с 1953 (*начало реализации планово-предупредительной системы ремонта машин в АПК*), их расцвета (1983г.) на основе идеологии ремонта по состоянию и угасание функционирования этих производств в конце 80-х – начале 90-х – годов (*с отменой деятельности «Госкомсельхозтехники» в 1989г.*). К сожалению, историческая объективность такова, что мы вынуждены констатировать: весь богатейший опыт и достижения реновационной отрасли в сфере технического сервиса АПК рассеян, а её производственные мощности приобрели состояние стагнации с неизбежной неоценимой ущербностью к тому же и для сельхозмашиностроения в связи с разрывом творческих связей этой отрасли с научными инженерными школами аграрных вузов.

Издержки произошедшего получили к настоящему времени научную оценку в известных публикациях [1-4]. Негативные уроки 90-х лет отражают неоправданно пассивное состояние ответственных структур управления системы технического сервиса в АПК, отрасли сельхозмашиностроения, головных институтов ГОСНИТИ, ФГНУ «Росинформагротех» и научно-образовательных сообществ аграрных и технических государственных университетов, а также, отчасти, по регионам Сибири и Дальнего Востока – это СибИМЭ СФНЦА (*СО ВАСХНИЛ*).

*Полное обновление парка машин и оборудования сельскохозяйственного производства с началом XXI века* определило возникновение соответствующих нового уровня специфичных запросов и предложений на технологии и материальное обеспечение системы технического сервиса в АПК и на создание её обновлённых реновационных производств.

Естественно, проблемность поддержания парка машин нового поколения в работоспособном состоянии в связи с неизбежными процессами их старения выражается в новых своеобразных технологических вызовах реновационного характера. Акцент на отмеченные проблемные стороны системных изменений сохраняет риторический субъективный характер, если мы, по умолчанию, не отметим важнейшее «консолидированное» упущение в информационном обеспечении функционирвания связки «Отрасль сельхозмашиностроения – сфера технического сервиса в АПК» в рамках единения производства, науки и образования. Упущение, именуемого разобщённостью [1,8,9 ]. В отрасли сельхозмашиностроения и сфере технического сервиса в АПК остались незамеченными требования реализации концептуальных положений ИПИ(CALS)-технологий (*Информационной поддержки процессов жизненного цикла изделий*) [10].

Задача преодоления инертности возрождения и выхода на новый уровень соответствия реновационной отрасли – не надуманная. Известно, что *реновационные производства – носители до сих пор далеко неполно реализуемых и самых значимых потенциальных источников ресурсосбережения и дремлющего сегмента экологической экономики в сфере технического сервиса в АПК* нашего государства [3,5,6]. Эта задача особенно остро выступает для Сибири и Дальнего Востока в связи с полным прекращением функционирования заводов сельхозмашиностроения в этом самом рассредоточенном пространстве (*Благовещенский завод рисоуборочных комбайнов, Красноярский завод «Енисей», «Сибсельмаш» в Новосибирске, Алтайский моторный завод в Барнауле, завод тракторных трансмиссий в г. Омске, Рубцовский тракторный завод, Челябинский тракторный завод*).

В органической связи с отмеченным, правомерно утверждать, что пришло время, когда, начиная с уровня кафедр ремонта машин аграрных факультетов (*институтов*), целесообразно *всемерно культивировать осознание необходимости действенного перехода на уровень соответствия требованиям времени по важнейшим вопросам научно-образовательного обеспечения реновационной отрасли в системе технического сервиса в АПК и в подготовке инженеров реновационного специалитета и инженеров «крупного калибра» (элитного ранга) организационно-управленческого профиля [1,7-8], а также кадров высшей квалификации через аспирантуру в плане реновационной специализации профессорско-преподавательского состава кафедр ремонта машин.* Преодоление разобщённости между кафедрами в плане опоры на общую методологию образовательного процесса – одно из важнейших условий достижения радикальных целей назревших обсуждаемых преобразований. К этому обязывает необходимость *консолидированного участия* специалистов, инженеров и учёных агроинженерии в обеспечении прогресса сельхозмашиностроения и реновационной отрасли сферы технического сервиса в АПК. Открытый и доверительный дискурс по обсуждаемой проблеме, как нам представляется, приоткрывает облик реального фундамента для формирования технологического реновационного моста «Беларусь – Сибирь, Дальний Восток – Минск-Новосибирск».

В ближайшей перспективе возможно в порядке инициативы разработать и согласовать «План намерений кафедры «Надёжность и ремонт машин» Инженерного института Новосибирского государственного аграрного университета» («НиРМ» ИИ НГАУ) на установление организационных, научно-технических и научно-образоватедьных связей со службой фирменного сопровождения технического сервиса Минского тракторного завода: цель – консолидация интеллектуального взаимодействия в области реновационной технологической деятельности и подготовке инженеров для реновационных поизводств».

В соответствии с направленностью данного плана намерений могут быть определены следующие первые задачи кафедры:

1. На уровне ректората НГАУ, Инженерного института и кафедры «Надёжность и ремонт машин» («НиРМ») инициировать запрос-предложение в УМО агроинженерии (РГАУ-МСХА) о возобновлении на кафедре «НиРМ» подготовки инженеров реновационного специалитета технологического и организационно-управленческого направления по профилю «Технолллогии и организация реновационныых производств» для регионов Сибири

и Дальнего Востока. Вследствие исторически сложного времени ограничиться заявкой на приём по данному профилю обучения на бюджетной основе группы в 10-15 человек с последующим распределением и направлением на работу в реновационных производствах.

Научно-образовательный задел кафедры: Опыт подготовки инженеров специализации по организации и ремонту машин в период 1992-2015гг (*прекращение подготовки инженеров по данному профилю было ошибочным решением*); методологические и методические разработки в рамках рабочих программ обеспечения учебного процесса, материальное дооснащение учебных лабораторий, открытие «Фирменной аудитории реновационной ориентации Минского тракторного завода» (2021г.); научные публикации по проблемам технического сериса в АПК (списки методологических и методических разработок и публикаций – в приложении). В плане намерений акцентировать внимание на то, что на кафедре при положительном решении по запросу предусматривается дальнейшее совершенствование образовательного процесса в рамках его трансформации с ориентацией на использование методологии и методики инженерной педагогики и воспитания у выпускников профессиональной реновационной ментальности при творческом содружестве со Службой ФС *МТЗ.*

Исполнители: Коллектив кафедры.

2. Разработать рабочие программы подготовки инженеров реновационного специалитета по профилю «Технолгии и организация реновационныых производств» для регионов Сибири и Дальнего Востока в рамках запроса-предложения в УМО по следующим ведущим дисциплинам: «Система технического сервиса в АПК: история, позитивные и негативные уроки», «Проблема преодоления инертности становления отрасли восстановления деталей машин: аспекты воспитания профессиональной реновационной ментальности», «Способы восстановления соединений и деталей машин», «Основные положения методики обоснования выбора рациональных и оптимальных способов восстановления деталей машин» и «Методические подходы к разработке маршрутных и операционных технологических процессов восстановления деталей машин» (*в качестве опорной информации правомерно и целесообразно использовать варианты рабочих программ специалитета 2000-х годов, переработанных неоднократно, в частности, в связи с коррекцией компетенций*).

Исполнители: Коллектив кафедры.

3. Решить организационные задачи по установлению контактов кафедры «НиРМ» ИИ НГАУ со Службой ФС МТЗ и структурными подразделениями Новосибирского головного технического Центра ООО «АГРОСЕРВИС» в русле разработки «Плана намерений кафедры «НиРМ» ИИ НГАУ…» и этапов их реализации по сотрудничеству в области создания «Регионального инновационного центра по реализации реновационных технологий для энергонасыщенных тракторов «БЕЛАРУС» МТЗ».

Исполнители: сотрудники лаборатории «Техсервис» кафедры «НиРМ» ИИ НГАУ.

4. Приступить к выполнению первого этапа по сбору информации о структурных параметрах (*действительных размерах*) *изнашиваемых элементов ресурсоопределяющих деталей тракторов «БЕЛАРУС»* в рамках создания и коррекции нормативной возобновляемой (*в ракурсе соответствия положениям ИПИ(CALS)-технологий* [10]) реновационной технологической документации на дефектацию и контроль деталей. Данный этап работы относится к решению наиболее животрепещущей первоочередной задачи по созданию возобновляемой реновационной нормативной документации (РНД) на дефектацию и контроль качества деталей и соединений на стадиях ремонта и восстановления энергонасыщенных тракторов «Беларус». Эта документация в полном объёме является, естественно, и традиционно востребованной в образовательном процессе подготовки инженеров: в лекционных курсах, на лабораторно-практических занятиях и производственных практиках, а также при выполнении студентами выпускных квалификационных работ (ВКР) и в научных разработках.

Ответственные исполнители – сотрудники лаборатории «Техсервис» кафедры «НиРМ» ИИ НГАУ.

Соисполнители на договорной основе – сотрудники Технических центров ООО «Агросервис» Новосибирского региона, на которых осуществляется мониторинг технического состояния и ремонт энергонасыщенных тракторов МТЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушнарёв Л.И., Алёшин В.Ф., Кушнарёв С.Л., Зимин В.В. Комплексное инновационное развитие производства, науки и образования // Ремонт, восстановление, модернизация. 2020.№7.С.3-8

2. Бут Г.П. Потенциал становления и развития технического сервиса в АПК России: фактор консолидации интеллектуальной деятельности // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. Агроинженерия. 2007. Вып.2. С. 90-92.

3. Г.П. Бут[1], В.Н. Хрянин[1], А.А. Железнов[1], А.В. Пчельников[1], В.А. Борисенко[2], А.В. Егоров[2], Е.В. Зубова[2], В.В. Вахрушев[2], А.Т. Илющенко[3], Н.Т. Кривочуров[3к1] Инженерный институт ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ»; [2] Институт агроинженерии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский ГАУ»; [3] ФГБОУ ВО «Алтайский ГАУ» Готовность инженеров агропромышленного комплекса к преодолению инертности становления отрасли восстановления деталей машин: аспекты мобилизации потенциальных образовательных ресурсов институтов агроинженерии при воспитании выпускников в контексте профессиональной реновационной ментальности. // Ремонт, восстановление, модернизация. 2017. № 8. С. 3-9.

4. Бут Г.П. Организационная и информационная подготовка на стартовой позиции становления реновационных производств энергонасыщенных тракторов «Беларус» в условиях системы технического сервиса Новосибирской области. Материалы региональной научно-технической конференции ИИ НГАУ по проблемам технического сервиса АПК РФ (декабрь 2021).

5. Гаврилюк В.С., Мельников Э.Л., Бояркин А.О. Экологический потенциал реновационного производства в концепции устойчивого развития // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007. №4. С. 2-6.

6. Намаконов Б.В., Мельников Э.Л. Реновация изделий как экологический фактор устойчивого развития // Ремонт, восстановление, модернизация. 2019. №10. С. 46-48. \

7. Китова, М. По пути ли нам с Европой? / М. Китова // Очень. 2005. №9.

8. Бут Г.П. Аспекты целевой ориентации и условий обеспечения качества подготовки инженеров в системе образования России. Труды VII Всероссийской научно-практической конференции «Модернизация профессионального образования на основе регулируемого эволюционирования»: в 10 ч., Ч.6. – 14 ноября 2008г., Москва-Челябинск.

9. Бут Г.П. Аспекты подготовки инженеров для агропромышленного комплекса в контексте целевой ориентации и информационного обеспечения. Материалы XILX международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству». Часть1. Челябинск: ЧГАА,2010 (С.227-233).

УДК 378.14

# ФОРМИРОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ КАК УСЛОВИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Ю.А. Гуськов, д-р техн. наук, доцент
А.В. Пчельников, канд. техн. наук
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье описана модель организации учебного процесса направленная на формирование первичных практических навыков студентов необходимых им при реализации экспериментальных научно-исследовательских работ, при продвижении изобретательского потенциала, а также при освоении профессиональных компетенций.

***Ключевые слова:*** профессиональные навыки, экспериментальная работа, агроинженерный профиль, модель организации учебного процесса.

Направление трансформации агроинженерного образования имеет важнейшее значение для формирования инженеров адаптированных к современным условиям. И для успешного решения этого вопроса необходимо применять системные подходы, которые позволят сформировать у будущих инженеров качественные знания и умения, навыки в рамках своей профессиональной деятельности [1,2].

Современный инженер – это специалист, обладающий высокой культурой и хорошо знающий современную технику и технологии, экономику и организацию производства, умеющий пользоваться инженерными методами для решения задач и обладающий способностью к изобретательству [1-3].

Цель работы - определение условий формирования практических навыков у студентов выполняющих экспериментальные и исследовательские работы.

Научно-исследовательская работа должна сопровождать студента на протяжении всего периода обучения, это позволяет решить одну из важнейших задач образования - развивающую, или развитие личности через научно-исследовательскую работу.

Однако в инженерном образовании научно-исследовательская работа сопряжена с созданием экспериментальных установок, действующих макетов устройств и т.п.

Таким образом, возникает вопрос, какими должны обладать знаниями умениями и практическими навыками будущие специалисты на разных этапах образовательного процесса и в дальнейшем практической производственной деятельности.

В укрупненном виде набор базовых первоначальных умений и навыков, который обязательно должен быть сформирован у студентов агроинженерного профиля, это: слесарные; механической обработки металла; горячей обработка металлов; сварочные.

В Инженерном институте ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ для студентов первого курса знаниевую составляющую образовательного процесса для освоения вышеназванных первичных профессиональных умений и навыков определили набором дисциплин: начертательная геометрия и инженерная графика; материаловедение и технология конструкционных материалов (в основном умения механической обработки металла на металлообрабатывающих станках, умение применять сварочное оборудование); тракторы и автомобили (умения применять слесарное оборудование для сборки-разборки агрегатов). Экспертно оценив сформированный пул, установлено что, этого будет недостаточно. Введение новой дисциплины «Основы технологии производства машин» позволит системно закрыть недостающий комплект материала для получения необходимых знаний и умений. В рамках новой дисциплины студенты изучают электродуговую сварку деталей, газовую и плазменную резку металлов, полуавтоматическую сварку, пайку металлов, жестяницкие работы (разметка, гибка, установка заклепок), сборку узлов и агрегатов, разрабатывают технологический процесс изготовления детали.

По окончании первого курса закрепление полученных знаний, умений и формирование необходимых практических навыков у студентов происходит на учебной

практике. Практика по получению первичных профессиональных навыков и умений перед началом второго курса включает несколько видов работ: слесарные, механической обработки металлов, сварочные, горячая обработка металлов. Каждый студент получает по 36 часов практической подготовки по одному из перечисленных видов работ.

Для реализации намеченной практической работы на базе кафедры Надежности и ремонта машин были организованы 4 соответствующие лаборатории. Лаборатории формировались на основе существующей материально-технической базы, которая по возможности была обновлена, ряд ненужного и устаревшего оборудования вывели из фонда, часть восстановили и ввели в строй, часть оборудования приобрели.

За каждой лабораторией закреплено по два ведущих преподавателя и два учебных мастера прошедших подготовку и имеющих соответствующее удостоверение.

К проведению практики были привлечены в качестве стажеров студенты и магистранты обучающиеся по направлению подготовки «Профессиональное обучение (по отраслям)» после прохождения ими соответствующей подготовки. За счет этого в реальных условиях учебного процесса мы создали модель организации учебного процесса соответствующую всем требованиям безопасности.

Таким образом во время практики вначале недели группа делится на подгруппы. Одна подгруппа занимается в первую смену, другая во вторую. Каждую подгруппу ведет 1 ведущий преподаватель, 1 учебный мастер и 3-4 студента-стажера.

В обязательном порядке все студенты проходят специальный инструктаж по технике безопасности которому уделено особое внимание работе на действующем оборудовании. Для каждой лаборатории разработаны инструкции отражающие виды выполняемых работ, имеющееся оборудование, специфика использования и особенности эксплуатации, выделяются опасные факторы.

В каждой лаборатории применяются необходимые специальные средства защиты (перчатки, очки, щитки, специальная одежда, костюмы, фартуки). А далее каждому студенту определяется объект для изготовления. По выданному заданию выполняется эскиз указываются размеры. Студент осуществляет выбор маршрута изготовления: подбор операций, оборудования и инструмента и приступает к непосредственному выполнение работ согласно выбранного маршрута.

Задание подразумевает два типа объектов. Объект изготавливаемый в рамках одной лаборатории или сквозного изготовления, то есть такой, который изготавливают в нескольких лабораториях с разбивкой на этапы. Так например, только в слесарной лаборатории изготавливают металлические коробки, звездочки для споттера для кузовного ремонта. Объектами сквозного изготовления являются полочки для верстаков, зажимы, совки, которые дорабатываются в сварочной лаборатории и в лаборатории горячей обработки.

Таким образом, в результате прохождения практики по получению первичных профессиональных умений и навыков студенты осваивают:

- жестяницкие работы включающие: опиловку, резку, гибку, разметку;
- токарные, фрезерные шлифовальные строгальные, сверлильные работы, что позволяет закрывать весь спектр металлообработки;
- в лаборатории сварочных технологий: ручную дуговую сварку, механизированную сварку плавлением, воздушно-плазменную резку и контактная сварку оплавлением.
- пайку металлов, свободную ковку, термическую обработку, литье.

Каждому виду работ студент обучается 5 часов чистого времени с применением различного оборудования и инструментов.

Так достигаются уровень подготовки необходимый при выполнении научно-исследовательской работы сопряженной с созданием экспериментальных установок, а в дальнейшем практической производственной деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, В. В. Методика профессионального обучения : учебник и практикум для вузов / В. В. Кузнецов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 136 с.
2. Бурцева, Л. П. Методика профессионального обучения : учебное пособие / Л. П. Бурцева. – Электрон. дан. – Москва : ФЛИНТА, 2016. – 160 с.

2. Кругликов, В. Н. Интерактивные образовательные технологии : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Н. Кругликов, М. В. Оленникова. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 353 с.

УДК 658.562.012.7

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА СЕРИИ ISO 9000 РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н.И. Зенкова, старший преподаватель
Т.А. Жигулин, аспирант
С.В. Ермаков, магистрант
*Новосибирский государственный аграрный университет»*

***Аннотация.*** В статье рассматриваются современные проблемы внедрения системы менеджмента качества серии ISO 9000, которые могут снижать темпы развития предприятий и приводить к убытком. В результате проделанной работы установлены следующие факторы неправильного внедрения системы- разработка стандартов силами сторонник специалистов, не имеющих отношения к конкретному производству, несовпадение целей компании и целей системы менеджмент а качества, сосредоточенность на документации в ущерб отслеживанию реального положения дел производственного процесса. Решение данных проблем позволит более качественно подойти к системе внедрения менеджмента качества ISO 9000 и повысить уровень российских предприятий до международных стандартов.

***Ключевые слова:*** система менеджмента качества ISO 9000, ISO 9001, внедрение в производства

В настоящее время, стандарт ISO 9001— это единственный стандарт, в соответствии с которым может быть произведена сертификация СМК. Несмотря на то, что она не является обязательной, преимущества внедрения позволяют конкурировать российским товарам с зарубежной продукцией. Предприятие, потратившее значительную сумму на организацию внедрения стандарта, зачастую, не получает должный эффект [1, с. 75]. Так как сам стандарт, являясь унифицированным для каждого предприятия, должен быть подстроен под уже существующую структуру предприятия и объём её мощностей, сразу же возникает ряд задач, требующих незамедлительного принятия решений.

К решению о внедрении системы менеджмента качества ISO 9000 каждый приходит самостоятельно, причем, не всегда руководитель организации являются инициаторами. В некоторых случаях, сами работники продвигают идею внедрения. В каждом из этих случаев проявляется свой ряд ошибок.

Цель работы: рассмотреть ключевые проблемы предприятий при внедрении системы ISO 9000

Задачи:

1. Дать описание системе ISO 9000 в общих чертах
2. Изучить современную литературу, отражающую суть проблем внедрения, а также мнения научных экспертов
3. Выделить и описать основные факторы, которые провоцируют неправильную работу системы менеджмента качества ISO 9000

Согласно оценкам специалистов, работающих в области внедрения ISO 9000, проблемы могут возникнуть из-за большой разницы в подходах российских производств к ведению контроля качества производства и сферы услуг и принципов, которые заложены в стандарты ISO 9000. Основой стандарта является высказывание: «Жить по правилам,

которые помогают жить лучше». Зачастую, российским предприятиям необходимо решать ряд вопросов, которые касаются жизнеспособности бизнеса, и которые встают на передний план, минуя проблемы менеджмента качества [2].

Отмечается, что человеческий фактор не позволяет сразу же обнаружить проблемы неправильной работы системы и решить на месте [2]. Обнаруживаются не состыковки отчетов с реальным положением дел, новые требования не внедряются, и могут быть соблюдены только формально. Эти проблемы должны быть устранены на самом начальном этапе внедрения ISO 9000, так как являются следствием более серьезной ситуации, такой как разобщенность процессов.

Разобщенность процессов проявляется в отсутствии взаимосвязи и прослеживаемости процессов и в ситуациях, когда невозможно идентифицировать брак или дефект. Такую проблему можно решить, если переопределить процессы в области системы менеджмента качества, уделяя внимание каждому случаю, при которых были нарушены инструкции, и заново описать их взаимосвязи этих процессов.

В погоне за сроками, недостаточное разъяснение обязательств сотрудникам компании, либо отсутствие возможностей правильной подготовки ответов также является преградой для получения сертификата. Из-за постоянно меняющихся условий, необходимы более устойчивые механизмы обучения как имеющихся, так и новых сотрудников.

Аудиторская компания Ernst&Yong опубликовала отчет о состоянии российского бизнеса, в котором говорится о том, что российские компании в текущей ситуации не планируют менять структуру своего бизнеса за счет сделок слияний и поглощений или изменений в управленческом блоке. Они в большей степени готовы инвестировать в новые технологические решения и начинать всестороннюю трансформацию бизнеса, причем без сокращения своих расходов. Лишь 27% планируют сокращать расходы. Примечательно, что 41% российских компаний готовятся при ухудшении ситуации провести сокращение персонала в ближайшие 12 месяцев [3]. Также, среди МСП до 20% считают, что находятся на грани закрытия уже сейчас или в ближайшие месяцы. Это говорит о необходимости более внимательного похода к контролю и внедрению ISO-9001, так как человеческий труд в области менеджмента— один из самых важных ресурсов предприятия.

Для проведения работы по налаживанию системы менеджмента качества, стоит уделять особое внимание следующим ситуациям. Ernst&Yong выделила ряд трансформаций:

1. HR-трансформация, которая включает в себя переход на частично удаленную работу, пересмотр HR-практик и подходов, а также формирование навыков для эффективной работы в дистанционном режиме
2. Трансформация бизнес-процессов с учетом работы в виртуальных и смешанных командах для повышения эффективности процессов и снижения операционных затрат
3. Трансформация ИТ-инфраструктуры и систем информационной безопасности с учетом новых моделей организации работы
4. Комплексная трансформация подхода к использованию офисного пространства и размещения рабочих мест.

Зачастую, процедуры, описываемые в процессе разработки системы, могут не совпадать с реальными процессами, происходящими на предприятии. Наблюдается дублирование функций сотрудников, а иногда и целых подразделений [1, с 128].

Из вышеописанных факторов вытекает следующая проблема — отсутствие четких процедур по выявлению рисков, установления несоответствий. В таком случае может помочь пересмотр описаний процедур, дополнительные тренинги, привлечение сторонник специалистов для внешнего аудита.

С привлечением сторонник специалистов также могут возникать проблемы, когда поверхностное знакомство с особенностями работы российских компаний повлияет на неправильную организацию и распределение обязанностей между структурными подразделениями.

Зачастую невозможно определить актуальность записи, инструкции. Для них можно придумать систему простых обозначений и установить лица, отвечающие за тот или иной документ. Важно отслеживать устаревшую информацию и вовремя изымать неактуальные экземпляры из пользования.

Неправильные цели — еще один фактор для пристального внимания на этапе внедрения. Все цели в рамках менеджмента качества должны трансформироваться в конкретные действия. По этой причине, такая цель, как «постоянное совершенствование» не дает никакого представления о том, какие именно шаги нужно предпринимать. Необходимо продумывание действий, и как они могут воплотиться в жизнь на примере родного предприятия.

Ошибки во внедрении вызывают неудовлетворенность системой и тянут за собой еще массу проблем, разочарование в СМК и всей идеи. По этой причине, каждое вышеописанное явление должно быть рассмотрено с особым вниманием.

Стоит рассмотреть перечень действий, направленный на улучшение ситуации и эффективной работы СМК ISO 9000:

1. Пересмотр и распределение ответственности, поиск мотивирующих факторов для высшего руководства, составление плана с финансовой деятельностью;

2. Создание эффективную систему мотивации сотрудников, такие как денежные поощрения за соблюдение правил и содействие процессу внедрения СМК, повышение статуса и другие бонусы. Для низкоквалифицированного персонала возможны проведение тренингов, дополнительное профессиональное обучение;

3. Пересмотр производственных процессов, определение взаимосвязей. При помощи такого подхода можно достигнуть решения проблем на раннем этапе;

4. Пересмотр документации, начиная с основной: регламенты, политика компании, руководство. Замена работников при недобросовестном отношении или повышение их сознательности;

5. Учитывая особенности предприятия, описывать процессы по их реальному выполнению [2].

## Заключение

В результате проделанной работы установлены следующие факторы неправильного внедрения системы:

1. разработка стандартов силами сторонник специалистов, не имеющих отношения к конкретному производству;
2. несовпадение целей компании и целей системы менеджмента качества;
3. сосредоточенность на документации в ущерб отслеживанию реального положения дел производственного процесса.

На фоне экономических реалий, 41% компаний готовится к сокращению штата сотрудников с целью выживания на рынке. Однако, потеряв главный ресурс — человека, шансы на успешное внедрение СМК ISO 9001 значительно могут уменьшиться. Выявленные ошибки нужно исправлять, но сначала определяют их причины. Формальный подход к СМК провоцирует другие проблемы с ее элементами и функциями. Внедрение системы менеджмента качества — трудоемкий процесс, в котором обязательно задействуется большое количество ресурсов, и происходит отладка.

Проделана работа по нахождению вариантов решения проблемы. В частности, рекомендуется не только пересмотр и распределение ответственности, документации и производственных процессов, но и создание систем мотивации сотрудников, мотивирующих факторов для высшего руководства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Салимова Т.А. Управление качеством: учеб. по специальности «Менеджмент организации»/ Т.А. Салимова. — 4-е изд., стер. — М.: Издательство «Омега-Л», 2010. - 416 с.

2. Официальный сайт международной организации по стандартизации [Электронный ресурс] — Женева: SIO — lntemational Organization for Standaftization, 1995-2022 - Режим доступа:lзttps://www.iso.ord/iso/9001-qualitv-inanagement.html

3. Как CEO переосмыслить подход к управлению бизнесом в условиях неопредепенности [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.ev.com/ru ru/covid-19/ceo-iinperativestudy-2022

УДК 621.43

# УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ УСЛУГ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

А.А. Малышко, канд. техн. наук, директор
Р.В. Конореев, канд. техн. наук, зам. директора
*ООО «Научно-производственный центр «ТЕХСЕРВИС»*

***Аннотация.*** В РФ имели место различные модели функционирования сферы технического сервиса машин и оборудования в АПК. В настоящее время, из-за ухода с рынка РФ целого ряда ведущих мировых производителей (брендов) машин и комплектующих сложилась ситуация при которой управление качеством технического сервиса по ранее существовавшим моделям практически невозможно. Авторами предложены два возможных варианта управления качеством в современных условиях.

***Ключевые слова:*** технический сервис, техническая документация, контроль качества, фирменный сервис, дилерская сеть, бренд, сертификация услуг, запасные части

Основу процессов определяющих качество технического сервиса машин и оборудования в АПК составляет Техническая документация (рис.1)




Рисунок 1- Качество технического сервиса машин и оборудования

Применительно к разным историческим этапам экономического развития РФ имели место различные модели функционирования сферы технического сервиса машин и оборудования в АПК. Основной до 90-х годов и ограниченно сохранившаяся до настоящего времени – это модель технического сервиса сформированная в СССР в условиях плановой экономики. Характерные признаки данной модели технического сервиса:

- Ограниченная (малая) номенклатура марок моделей модификаций при длительном периоде производства;
- Техническая документация по эксплуатации, ТО и ремонту общедоступна;
- При ТО и ремонте применяется преимущественно универсальное оборудование, оснастка и инструменты;
- Запасные части идентичны основному производству, как правило, с увеличенными отклонениями в пределах допуска при текущем или капитальном ремонте производство и сертификация в соответствии с ГОСТ, ТУ, СП. Дополнительно контроль качества производится при организации входного контроля. При наличии скрытых дефектов действует механизм компенсации издержек производителем/ поставщиком з/ч и материалов;
- Жизненный цикл включает плановый капитальный ремонт (КР), технические требования на КР разрабатывается изготовителем или ведомственными институтами и являются общедоступными.
- Машины, как правило, не имели сложных электронных, пневмо- гидро и иных систем.

Начиная с 70-х годов прошлого века в стране начала формироваться структура фирменного сервиса (например ВАЗ, КАМАЗ, Кировец). Фирменный (дилерский, брендовый) сервис в РФ получил взрывной рост в 1990-2000х годах, как основанная модель сервиса в развитых странах с рыночной экономикой.

Высокий уровень качества технического сервиса достигается за счет:

- Системы управления качества технического сервиса в соответствии с внутренними стандартами с целью обеспечения конкурентных преимуществ брендов;
- Доступной актуальной технической документации внутри дилерской сети;
- Внутренней дилерской системы аттестации и повышения квалификации сотрудников сервисных подразделений;
- Поставляемые в фирменный сервис только «оригинальные» запасные части и расходные материалы с подтвержденным происхождением и соответствием по применимости изготовителем машины. Качество/соответствие запасных частей и материалов прошло проверку в системе качества изготовителя в условиях основного производства;
- Использование «оригинальных» верифицированных запчастей предусматривает минимальное количество контрольных операций в условиях сервисного центра (без необходимости в сложных трудоемких контрольных операций в условиях единичного ремонтного производства;
- Изготовителем в дилерскую сеть поставлялись помимо новых деталей, восстановленные на специализированных предприятиях с обеспечением гарантийный обязательств идентичными новым деталям, но более низкой цене. При условии соблюдения требований ТД на сервисное обслуживание и «оригинальных» запасных частей, наличие скрытых дефектов и несовершенств ТД компенсируется изготовителем/импортером машин.

Такая структура технического сервиса за счет конкурентной среды преимущественно между брендами, как правило, обеспечивала высокий уровень качества услуг при стоимости услуг и запасных частей выше среднерыночной. Параллельной фирменной/дилерской системы функционировали независимые сервисные центры, которые в отличии от дилерских центров использовали в сервисном обслуживании альтернативные технологии и запасные части (дубликаты, аналоги, б/у и т.д.)

В настоящее время, которое характеризуется уходом с рынка РФ целого ряда ведущих мировых производителей (брендов) машин и комплектующих в том числе машин Российского производства сложилась ситуация при которой управление качеством технического сервиса по ранее описанным моделям практически невозможно в связи с рядом ограничений:

- Ограничение доступа к актуальной ТД и проприетарному программному обеспечению, используемому в техническом сервисе машин и компонентов включая дилерские сервисные центры;
- Ограничение поставки верифицированных запчастей, поставки возможны в рамках параллельного импорта;
- Замедление обновления машинно-тракторного парка в РФ, приведет к росту к потребности в КР и восстановлении деталей;
- Доступны для использования ТО и Р запчасти и материалы – аналоги. Аналоги, это компоненты как правило произведенные иными производителями. Такие компоненты не имеют подтверждения соответствия требованиям изготовителя машин. Процедура сертификации не предусматривает подтверждения соответствия и применимости производителей машин.

Аналоги/дубликаты различаются:

- произведены по приближенным к оригиналу требованиям, обычно с более низкими параметрами качества с целью удешевления производства;
- компоненты произведены по альтернативным технологиям.
- Аналоги, как правило, не имеют доступных технических требований на изготовление и применение.

Производители, поставщики аналогов предоставляют ограниченную гарантию на свою продукцию.

Из анализа современных условий развития технического сервиса возможны два варианта управления качеством в современных условиях:

**Вариант 1**

- На государственном уровне техническая документация на изготовление и сервисное обслуживание переводится в разряд общедоступной и формализуется в виде стандартов;
- Внедрение тотальной системы сертификации услуг, запчастей и материалов, включая по применимости компонентов и материалов;
- Создание институтов, разрабатывающих техническую документацию на сервисное обслуживание, включая капитальный ремонт.

***Такой вариант является не рыночным, ограничивает конкуренцию и не стимулирует развитие сферы услуг технического сервиса.***

**Вариант 2**

- По инициативе дилерских сетей и/или отдельных дилерских предприятий происходит создание «новых» отечественных брендов. Бренды разрабатывают на базе накопленного опыта, поисковых работ формируют свой внутренние стандарты – технические требования к запасным частям, материалам и услугам. В том числе инициируют разработку технической документации на капитальный ремонт и восстановление деталей.
- Находят в РФ или дружественных странах производителей компонентов, обеспечивающих производство деталей по установленным требованиям или организуют свое производство.

***Конкуренция между «новыми» брендами в сфере технического сервиса приведет к повышению качества технического сервиса в условиях конкурентной среды и решит проблемы доступности запасных частей приемлемого качества без значительного***

***роста их стоимости, будет способствовать развитию производства запасных частей и материалов в РФ.***

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Черноиванов В.И. Организация и технология восстановления деталей машин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 336 с.

2. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК. Бут Г.П., Коноводов В.В., Малышко А.А., Привалов П.В., Конореев Р.В., Пекарский В.В., Филиппов Г.Ю. Техника в сельском хозяйстве. 2002. № 2. С. 26.

УДК 656.025.4

## ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОМПАНИИ СДЭК НА РЫНКЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Е.И. Танькина, магистрант
П.И. Федюнин, канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Статья посвящена проблеме межрегиональных штучных или мелкопартионных грузов на территории Российской Федерации.

Цель работы: рассмотреть преимущества и недостатки межрегиональной курьерской доставки на примере отечественной компании CDEK.

***Ключевые слова:*** межрегиональные перевозки, курьерская доставка, подвижной состав, география перевозок.

Рынок как основа мировой экономической системы основывается не только на параметрах спроса и предложения. Немаловажным критерием как для потребителя, так и для производителя является доступность продукта в отдаленных от места производства местах, что достигается путем развития логистических и транспортных систем.

Если крупный производитель имеет мощности для доставки своего товара в другой город или страну и его дальнейшую реализацию, то для средних и мелких производителей становится вопрос об оперативной доставке грузов сторонними транспортными компаниями. Говоря о производстве подразумевают крупные партии товара для дальнейшей розничной реализации, но не всегда имеется достаточный спрос на товар в той или иной местности и необходима доставка конкретному потребителю.

Привычные нам системы доставки мелкогабаритных грузов, например, почтовыми отправлениями имеют низкую оперативность ввиду прохождения грузами множества этапов сортировки в различных специализированных центрах и комплектации сборных грузов для доставки в тот или иной населенный пункт.

Открывшаяся ниша в сфере транспортных услуг сейчас активно заполняется различными транспортными компаниями, предлагающими различные условия предоставления своих услуг, тем самым поддерживая конкуренцию в указанном направлении.

Несколько лет назад на данном направлении рынка безусловным монополистом была Почта России с развитой системой доставки и филиалами в большинстве населенных пунктов, сегодня же на российском рынке насчитывается около 10 только крупных транспортных компаний, работающих по всей стране и за рубежом.

Одним из наиболее известных и крупных представителей данного рынка является российская компания СДЭК. Отличительной особенностью организации является тесное

сотрудничество с большим количеством интернет-магазинов и фирм. Среди основных преимуществ СДЭК можно выделить:

- Оперативность работы-груз отправляется в день подачи заявки и оформления документов;
- Возможность отслеживания местонахождения груза на любом этапе грузоперевозки;
- Широкая география перевозок-более 3000 представительств;
- Возможность курьерской доставки на указанный адрес;
- Цены, способные конкурировать с зарубежными перевозчиками.

География доставки грузов охватывает не только территорию Российской Федерации, но и зарубежные страны Европы, Азии и Африки (рис. 1).

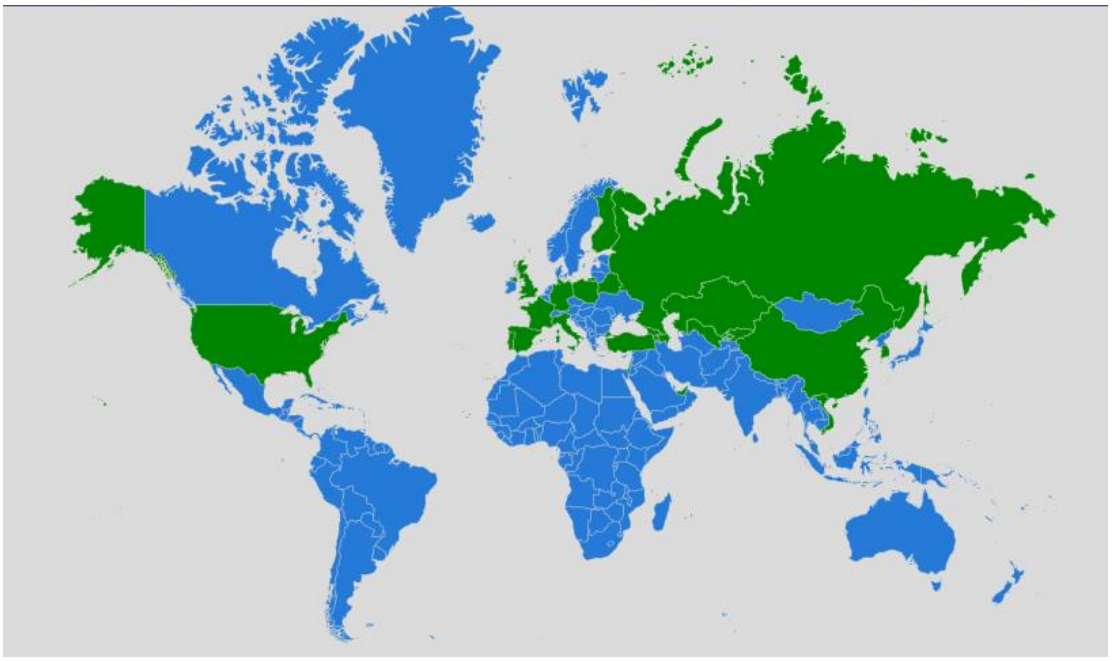


Рисунок 1 - География услуг компании CDEK

На сегодняшний день компания CDEK работает в 27 странах мира, а количество активных клиентов достигает 1 000 000. Схема работы компании позволяет организации не иметь большой подвижной состав в каждом населенном пункте. Межрегиональные перевозки осуществляются за счет развитой партнерской системы. Среди наиболее известных партнеров CDEK можно выделить РЖД, Аэрофлот, S7. Помимо железнодорожных и авиаперевозок компания располагает собственным автопарком большегрузных автомобилей для межрегиональных перевозок.

В новосибирском представительстве компании на сегодняшний день насчитывается более 30 тягачей и 30 полуприцепов, что дает некоторую независимость организации от присущих другим видам транспорта недостатков, таких как природно-климатические условия и зависимость от развитости инфраструктуры того или иного города.

Курьерская доставка осуществляется сторонними компаниями, на предоставляемых ими по договору автомобилями из логистических центров к заказчику. Данное решение позволяет не только снизить затраты на увеличение материально-технической базы компании, но также исключает необходимость организации собственной системы обслуживания автотранспорта и найма дополнительного персонала.

Основой логистической системы компании являются региональные сортировочные центы. На сегодняшний день их насчитывается более 20, они располагаются в крупных городах России, таких как Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Екатеринбург и другие.

В зависимости от габаритных размеров сортировка может производиться вручную и автоматически. Выбор транспорта для осуществления перевозки производится на основе выбранного клиентом тарифа и исходя из рациональности и безопасности того или иного вида транспорта.

Оперативность доставки и возможность ее отслеживания на всем пути следования достигается благодаря присвоению каждому отправлению вне зависимости от массогабаритных параметров штрих-кода, который сканируется при каждой операции обработки отправления, таких как прохождение регионального сортировочного центра или загрузка в постамат.

Вышеперечисленные факторы позволяют компании CDEK осуществлять оперативную доставку грузов за конкурентоспособную цену в пределах широкой географии перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О компания CDEK. — Текст : электронный // CDEK : [сайт]. — URL: https://www.cdek.ru/ru (дата обращения: 22.10.2022).

2. В.В. Никифоров. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок. – М.: ГроссМедиа, РОСБУХ, 2008. – 192 с.

3. О.Д. Проценко, И.О. Проценко. Логистика и управление цепями поставок - взгляд в будущее. Макроэкономический аспект. – М.: Издательский дом "Дело" РАНХиГС, 2012. – 192 с.

4. Ю.Г. Лебедев. Логистика. Теория гармонизированных цепей поставок. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2005. – 448 с.

5. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства : учебник; 3-е издание., перераб. и доп. / Р.А. Фатхутдинов. – М. : ИНФРА-М, 2020. – 544 с.

УДК 371:351.851

## ПРОФЕССИОНАЛИЗМ И КОМПЕТЕНТНОСТЬ ВЫПУСКНИКА ВОЕННОГО ВУЗА ФОРМИРУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

В.А. Токарев, преподаватель
*Новосибирский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии*

***Аннотация.*** В статье рассматриваются условия формирования профессионализма и компетентности у выпускников военных вузов при изучении технических дисциплин.

***Ключевые слова:*** условия, ВВСТ, профессиональная подготовка, компетенции, преподаватель, профессиональные знания.

Настоящее взрывное развитие военной техники требует изменения базовых принципов, методологии высшего военного образования. Эти изменения касаются методики преподавания технических дисциплин, содержания и организационных основ учебного процесса, мониторинга качества образования. Ведь в условиях, когда объем информации в большинстве технических отраслей (автомобильная подготовка - одна из них) удваивается в среднем каждые пять-десять лет, подготовить выпускника высшего военного учебного заведения к плодотворной профессиональной деятельности есть задача большой значимости.

Преподавание технических дисциплин при условии использования компетентностной образовательной модели для формирования сугубо профессиональных знаний выпускников высших военных учебных заведений имеет определенные особенности, связанные со структурой и источниками профессиональной компетентности специалиста. Ведь выпускника высшего военного учебного заведения можно назвать компетентным при условии, что он подготовлен более широко, более энциклопедически, чем это предусмотрено учебным планом. Профессиональные знания, умения, навыки (ЗУН), по определению и

пониманию педагога-гуманиста Я. А. Коменского, и профессиональные компетенции при сходстве имеют и существенные отличия. Обобщенно можно говорить, что профессиональная компетентность военного специалиста связана не только и не столько с объемом знаний, которыми он обладает, а с пониманием, как эти знания можно использовать в практической деятельности, с мотивацией их постоянного расширения и обновления. Объем знаний будущего офицера является условием необходимым, но далеко не достаточным для его плодотворной военно-профессиональной деятельности. Целесообразно говорить, что профессиональная компетентность специалиста состоит из двух частей. Первая - это знания, причем знания определенным образом систематизированные, учитывая их, так сказать, ценность, долговечность, профессиональную полезность. Вторая-это способность пользования полученными, освоенными знаниями на практике, направления их на решение конкретной (технической) задачи.

Профессиональная компетентность (в узком смысле этого слова) предполагает глубокие знания главного, так сказать сущности предмета. При этом отдельным процедурам (например, детализации устройства узлов и агрегатов, применяемых систем диагностирования т.п.) может быть уделено внимания значительно меньше - эти процедуры представляют собой ту часть знаний, которые наиболее податливы изменениям, нуждаются в постоянном обновлении. Такое обновление на протяжении практической деятельности военного специалиста осуществляется неоднократно. Следовательно, получение таких знаний (изучение, освоение этих процедур) может и должно быть основано на принципах самообразования (в стенах высшего учебного заведения - под руководством преподавателя).

Профессиональная компетентность военного специалиста обуславливает конструктивизм, возможность продуктивного использования приобретенных им знаний и определения в каких именно областях эти знания следует углублять и расширять сегодня, чтобы обеспечить высокую эффективность профессиональной деятельности завтра.

Целесообразно разделить поле профессиональной компетентности военного специалиста на две составляющие, одна из которых будет определять, так сказать, обще - профессиональную, а вторая - узкопрофессиональную компетентность, причем обе составляющие будем относить к направлению профессиональной деятельности офицера. Возвращаясь к рассмотренному выше метафорическому пласту профессиональной компетентности, отметим, что узкопрофессиональной составляющей соответствует ядро мозаичного элемента, тогда как общепрофессиональной составляющей - соединительное вещество.

Структура общепрофессиональной компетентности военного специалиста состоит из компонентов, определяющих подкрепленные соответствующим пониманием правил и условий использования знания:

— истории и направления развития систем, устройств, технологических процессов, определенных профессиональными интересами; эта компонента в составе данной структуры улучшает ориентацию субъекта среди узкопрофессиональных направлений, которые развиваются параллельно и тем или иным образом влияют друг на друга;

— назначение, структуры, правил организации эксплуатации и использования ВВСТ;

— положений, принципов, условий использования системы жизненного цикла изделий (ВВСТ).

Государственные образовательные стандарты определяют квалификацию специалиста как способность выполнять задачи и обязанности соответствующей профессии, определяет термин "компетентность" как необходимый объем и уровень знаний и опыт в определенном виде деятельности. При этом задачи, решаемые командиром подразделения распределяются по признакам и в порядке повышенной сложности на стереотипные, диагностические и эвристические. Именно эвристические задачи деятельности специалиста предусматривают деятельность по сложному, нестандартному алгоритму, который содержит процедуру создания, конструирования профессиональных решений, требует использования больших массивов ранее усвоенной информации и информации оперативной, которая получена в сфере военно-профессиональной деятельности (практики) будущего офицера. Эвристические

задачи деятельности для успешного их решения часто требуют от специалиста креативных личных проявлений, которые должны быть сформированы на этапе обучения в высшем учебном заведении, как яркий признак компетентностной модели его подготовки.

Отметим, что приобретение профессиональных компетенций курсантами возможное, преимущественно, в процессе их практической деятельности - при выполнении курсовых и дипломных работ, прохождения предусмотренной учебным планом практики (стажировки) в воинских частях. При этом мониторинг качества компетентности курсанта может осуществляться через комплексные задачи, которые ставят курсанта в условия максимально приближенные к профессиональной деятельности командира подразделения, для которой он готовится.

Для успешной, плодотворной военно-профессиональной деятельности будущему офицеру дополнительно к приобретенным знаниям необходимо добавить понимание условий, в которых, осуществляется эксплуатация современных образцов ВВСТ по предназначению. Опираясь на научные прогнозы развития и модернизации вооружения, военной и специальной техники в войсках национальной гвардии, высшая военная школа должна формировать военного специалиста, обладающего компетенциями с широким оперативно-тактическим и военно-техническим мышлением, способного в полной мере использовать растущие боевые возможности войск при выполнении служебно-боевых задач. Наряду с профессиональной ориентацией и направленностью, знаниями и умениями в профессиональные компетенции будущего военного специалиста включена такая составляющая, как приобретение (различных) управленческих навыков уже в период обучения в вузе, что позволит курсантам стать конкурентоспособными профессионалами военного дела.

Целью изучения дисциплин на кафедре «Автомобили бронетанковое вооружение и техника» является формирование у обучающихся системы знаний об общем устройстве ВВСТ, представления об основах эксплуатации ВВСТ подразделений войск национальной гвардии; практических навыков при выполнении работ по техническому обслуживанию и ремонту ВВСТ с использованием одиночного комплекта ЗИП. При этом первостепенное внимание уделяется изучению ее теоретических положений и главное внимание на получение практических навыков по устройству и эксплуатации ВВСТ. На указанной основе ставится задача обучить управлению транспортными средствами в различных дорожных условиях, иными словами в любой складывающейся обстановке обучающийся должен проявить себя как опытный водитель. В современных условиях для того, чтобы глубоко и всесторонне овладеть новыми образцами ВВСТ, недостаточно хорошо изучить конструкцию и приобрести практические навыки работы на конкретной марке машины, для этого еще необходимо усвоить научно-теоретические основы ее устройства и эксплуатации, а так же сформировать следующие компоненты военно-профессиональной компетенции:

- способность к организации управленческой деятельности: (компетентность при применении на практике в совокупности, системы специальных знаний об общем устройстве, требованиях руководящих документов по организации эксплуатации, обслуживания, ремонта и содержания современных образцов ВВСТ, об организации своевременного получения, правильной эксплуатации вооружения, военной и специальной техники, проверок его наличия, состояния и учета, оформления результатов осмотра (проверки) вооружения, военной и специальной техники, о принятии мер по предупреждению поломок вооружения, военной и специальной техники, аварий с ними; умений лично владеть вооружением, автомобильной, бронетанковой и специальной техникой, состоящим на вооружении подразделения; навыков и отношения к управленческой деятельности командира по организации эксплуатации ВВСТ, сформированных в процессе профессиональной подготовки освоения вооружения военно-специальной техники; понимание специфики видов служебно-боевой деятельности, направлений и наиболее эффективных способов обеспечения согласованной реализации намеченных целей;

профессиональный опыт; высокий уровень мастерства; самостоятельность; профессиональная интуиция; и др.);

- профессиональные знания: (комплекс специальных теоретических знаний и практических навыков (компетенций), приобретенных в результате военно-профессиональной подготовки освоения военно-специальной техники, опыта работы по вводу в строй, организации эксплуатации, проведению технического обслуживания и ремонта ВВСТ; готовность и способность к выполнению должностных обязанностей по применению ВВСТ согласно штатного предназначения в ходе выполнения служебно-боевых задач, несения военной службы и др.);

- профессиональные ценности: (честь, командирская воля, уверенность, дисциплинированность, ответственность, настойчивость; умением делать оперативный выбор, просчитывать оптимальный исход; организаторские способности, умелое обращение со служебной документацией по организации эксплуатации современных образцов ВВСТ; разумное делегирование обязанностей; творческая активность, психологические и физические качества; и др.)

Управленческие компетенции руководитель (командир) должен постоянно развивать и совершенствовать, систематически изучать и обобщать новую информацию, способы и механизмы внедрения новых форм деятельности и оттачивать полученные навыки на практике. Умелый командир знает, как эффективно влиять на личный состав. При внедрении новых методик ведет личный состав за собой, направляет их. Ставит перед собой конкретные цели и упорно достигает их.

Компетентность военного специалиста - системное понятие со сложной и многогранной структурой, которая вмещает как общеобразовательные, так и профессиональные компоненты; компетентность не может быть ограничена знаниями только каких-то конкретных дисциплин, это межпредметное, динамическое понятие, которое изменяется, расширяется в определенном направлении в тот или иной отрезок времени на протяжении всей творческой жизни военного специалиста, но активизировать источники, заложить основы, составить, так сказать, стартовый (базовый) уровень компетентности безусловно является главной задачей современной высшей военной школы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабанщиков, А.В./ Давыдов В.П./ Утлик Э.П./ Феденко Н.Ф.- «Военная педагогика и психология» - М. Воениздат 1986г.

2. Бабанский, Ю.К. Оптимизация процесса обучения (Общедидактический аспект) / Ю. К. Бабанский. – М.: Педагогика, 1977. – 256 с.

3. Байденко, В. И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (методологические и методические вопросы): Методическое пособие / В. И. Байденко. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. – 114 с.

4. Вилисов, Д. В. Транспортирование машины технической помощи на железнодорожных платформах / Д. В. Вилисов, А. В. Пчельников // Современные аспекты развития и безаварийной эксплуатации автомобильной техники (бронетанкового вооружения и техники): Сборник материалов конференции, Новосибирск, 25 июня 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2020. – С. 21-26. – EDNIKWDTO.

5. Селевко, Г.К. Современные образовательные технологии: Учебное пособие - М.: Народное образование, 1998. - 256 с.

6. Тухватуллин, Б.Т. Педагогические условия формирования военно-профессиональной компетентности курсантов вузов ВВ МВД России: диссертация канд. Педаг. наук/ – Махачкала, 2013.

УДК 637.116.5

# ДИАГНОСТИКА И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПУЛЬСАТОРА ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

М.Н. Бабкин, студент
П.Ю. Кисапов, студент
А.Г. Христенко, канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Приведён принцип работы пульсатора, как составляющей части доильного аппарата. Техническое обслуживание и диагностика пульсаторов, а также их восстановление.

***Ключевые слова:*** доильный аппарат, пульсатор, доильный стакан, доение коров.

Доильные аппараты по своему конструктивному исполнению и режимам работы оказывают существенное влияние на физиологические процессы выведения молока. Основными конструктивными элементами доильного аппарата является доильный стакан и пульсатор переменного вакуума [3].

Доильный стакан состоит из двух камер: межстенной - образующейся между металлическим корпусом и сосковой резиной, подсосковой – пространство между сосковой резиной (внутренней трубки) и соском животного [1].

При доении коров пульсатор и доильный стакан работают в паре, образуя такт сжатия и сосания (см.рис.1)

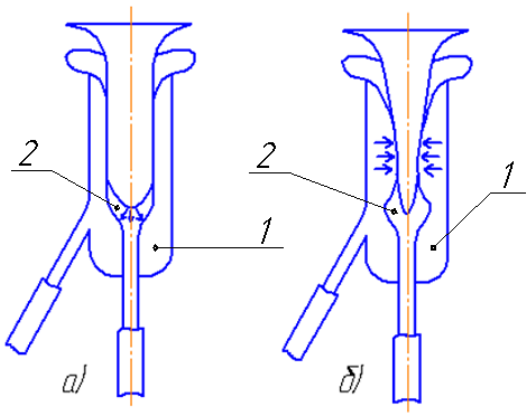



Рисунок 1-а) сосание; б) сжатие; 1-межстенная камера; 2-подсосковая камера.

Пульсатор представляет собой автоматическое устройство, которое служит для создания переменного вакуума в межстенной камере **доильного стакана [5].**

Современные доильные аппараты оснащены двухтактными пульсаторами попарного доения. Принцип попарного доения обеспечивает попеременное воздействие на правую и левую долю вымени.

На рисунке 2 представлен пульсатор попарного доения в деталях и схема его работы

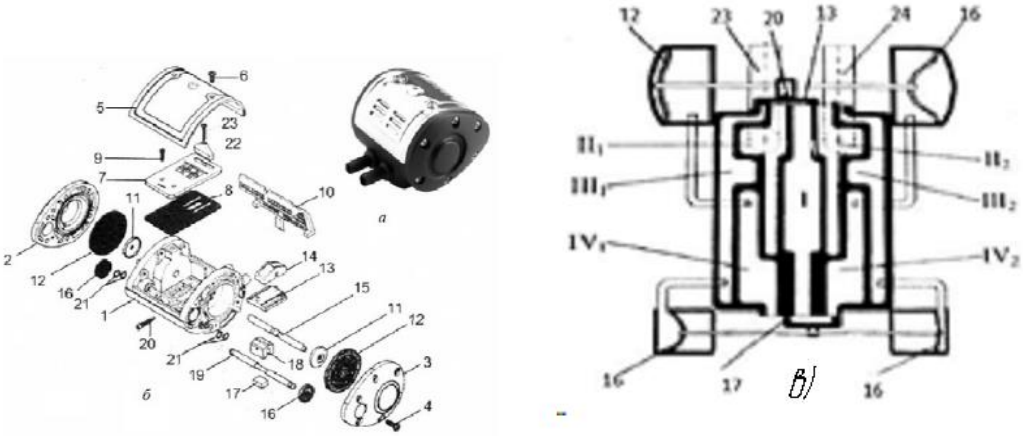


Рисунок 2- Пульсатор: а – общий вид; б – деталировка; в-схема работы; *I – камера постоянного вакуума; II, $II_2$ – камеры переменного вакуума (рабочие); $III_1$, $III_2$ – камеры атмосферного давления; $IV_1$, $IV_2$ – камеры переменного вакуума (управляющие):* 1 – корпус; 2, 3 – боковые крышки; 4, 6, 9, 23 – крепежные винты; 5 – верхняя крышка; 7 – клапанная панель; 8 – уплотнение панели; 10 – фильтр; 11 – тарелка диафрагмы; 12 – диафрагма; 13 – переключающая пластина; 14 – фиксатор; 15 – главная ось; 16 – малые диафрагмы; 17 – малая пластина; 18 – фиксатор малой пластины; 19 – малая ось; 20 – регулировочный винт; 21 – кольцо; 22 – фиксатор клапанной панели; *23, 24 – рабочие патрубки.*

Все детали смонтированы в пластмассовом корпусе 1, на котором с помощью винтов 4 и 6 закреплены боковые 2, 3 и верхняя крышка 5. Верхняя крышка 5 выполнена с отверстиями для доступа воздуха. Сразу под крышкой установлен воздушный фильтр 10. Регулирование числа пульсаций осуществляется с помощью винта 20, а изменение соотношения тактов – с помощью переключающей пластины 13, закрепленной фиксатором 14 [5].

Пульсатор работает следующим образом. При подключении пульсатора к вакуумопроводу в камере I образуется постоянный вакуум.

Переключающая пластина 1 будет находиться в крайнем левом, а пластина 2 – в правом положении. При этом вакуум камеры постоянного вакуума I через пластину 1 поступает в рабочую камеру $II_1$ и далее по патрубку 4 в распределитель коллектора и одну пару доильных стаканов, в которых происходит такт сосания. Из рабочей камеры $II_2$ атмосферное давление по патрубку 5 поступает ко второй,

Одновременно с этим атмосферное давление из камеры $III_2$ действует на малую мембрану 6 и перемещает ее и пластину 2 в крайнее левое положение. Вакуум из камеры I через паз пластины 2 устанавливается в камере $IV_1$ и перемещает мембрану 7 и пластину 1 в крайнее правое положение, производя смену тактов сосания и сжатия в парах доильных станков [5].

Материалы, из которых изготовлены пульсаторы очень чувствительны к содержанию абразивных частиц в воздухе, в том числе пыль, которая поступает в рабочие камеры пульсатора. В следствии чего износ рабочих поверхностей трения приводит к его некорректной работе. В связи с чем пульсатор подлежит ремонту за счет замены изношенных деталей или его полной замены на новый. Выявление неисправностей в работе пульсаторов происходит при техническом обслуживании доильных аппаратов [2].

К поверхностям трения относятся сопряжения такие как: клапанная панель с переключающейся пластиной и малой пластиной, главная ось с корпусом.

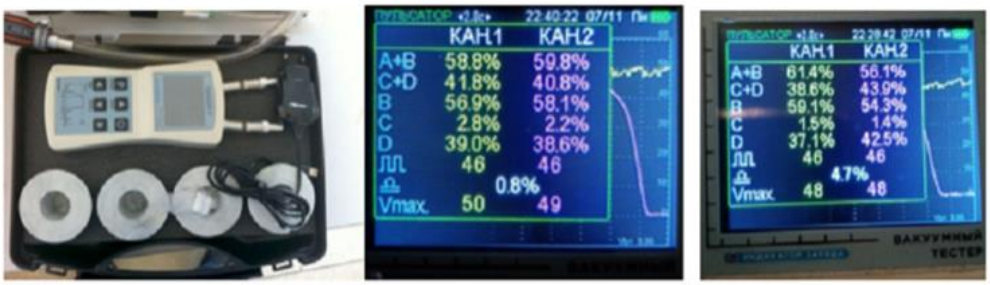
Степень износа трущихся пар пульсатора зависит от условий эксплуатации, а также от своевременного технического обслуживания.

Тех обслуживание проводят перед каждым доением, проверяют частоту пульсаций и при выявлении неисправностей, осуществляют его регулировку. Один раз в месяц проводят

ТО-1 при котором осуществляют полную разборку всех частей, входящих в комплект доильного аппарата [4].

Одной из основных неисправностей пульсатора доильного аппарата является нарушение частоты пульсации и соотношение тактов сжатия и отдыха.

Нормальная частота пульсаций пульсатора 65/70 тактов в минуту, соотношение тактов в % сосание/сжатие – 60/40. На рисунке 3 отображены показания пульсаторов в рабочем и неисправном состояниях, определённые диагностическим прибором (Тензор-7).




а) б) в)

Рисунок 3- а) диагностический прибор Тензор-7; б) показания исправного пульсатора; в) показания неисправного пульсатора

Так как трущимися поверхностями является пластик целесообразно использовать современные способы восстановления.

Для восстановления пластика необходимы аэрозольные эмали такие как, “COLOR1 RAL-8024PU” и грунт-эмаль для пластика “KUDO RAL 9005” на основе полиуретановых смол. Они обладают высокой износостойкостью и прочностью. Состав позволяет создать прочное покрытие, которому не страшны ежедневное трение, мелкие удары и острые предметы. Красочный слой имеет значительно более высокую прочность, нежели у пластика.

Спрей - Антистатик для всех видов поверхностей. Специально разработан для снятия статического электричества. Снимает статическое электричество, предотвращает осаждение пыли на поверхности трения, тем самым продлевая срок службы пульсатора. Для сохранения эластичности и поддержания в работоспособном состоянии резино-технических изделий пульсатора необходимо применять силиконовые смазки.

В качестве заключения отметим, что предложенные способы восстановления позволяют увеличить срок службы трущихся поверхностей в большей степени тем самым повысить эффективность процесса доения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушуева И.Г. /Новое в технике и технологии производства молочных продуктов //Молочная промышленность. - 2006. - № 12.

2. Борозинин В.А, Борозинин А.В Методы определения периодичности диагностирования основных узлов доильного аппарата.-г.Волгоград: Известия. – 2009.

3. Гиоргиевский В.И. Физиология сельскохозяйственных животных. - Москва: Агропромиздат. - 2000.

4. Рекомендации по техническому сервису доильного оборудования / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; подгот.: С.К. Карпович [и др.]; под общ. ред. С.К. Карповича. – Минск: БГАТУ, 2015. – 124 с.

5. Установка для доения коров WESTFALIASURGE. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://itexn.com/7977_ustanovka-dlja-doenija-korov-westfaliasurgeustrojstvo-i-pravila-jekspluatacii.html (Дата обращения 10.11.2022).

УДК 667.6; 667,61

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ПО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

З.К. Зайналов, магистрант[1]
М.Д. Апаев, магистрант[1]
А.В. Пчельников, канд. техн. наук[1]
А.П. Пичугин, д-р. техн. наук, профессор[1]
А.К. Туляганов, директор[2]
*[1]Новосибирский государственный аграрный университет*
*[2]ООО ЛКЗ «Колорит»*

***Аннотация.*** В данной статье представлен анализ неразрушающих методов контроля лакокрасочных покрытий. Приведено описание разработанного способа определения состояния лакокрасочных покрытий по диэлектрическим характеристикам. Разработанный способ является ценным практически значимым решением, способствующим эффективному определению состояния покрытий неразрушающим методов.

***Ключевые слова:*** лакокрасочные покрытия, лакокрасочные материалы, диэлектрические характеристики, добротность, старение, долговечность.

Лакокрасочные покрытия, в зависимости от условий эксплуатации, обладают определенным набором свойств: адгезия, твердость, прочность при ударе, атмосферостойкость и др. В результате процессов старения покрытий, изменяются показатели их свойств, повышается хрупкость [1,2].

Изменение свойств лакокрасочных покрытий в процессе старения вызывается изменением их строения, в результате чего происходит: постепенное увеличение коэффициента полимеризации, увеличение размеров кристаллических образований, продолжение процесса сшивки цепей и образование пространственных сеток, окисление и другие химические взаимодействия со средой [1,2].

Таким образом, в результате старения и постепенного снижения показателей свойств покрытий, защищаемая поверхность подвергается воздействию разрушающих факторов. В связи с этим, важно своевременно определять состояние лакокрасочного покрытия и в случае необходимости его ремонтировать [1,2].

Для определения характеристик и свойств лакокрасочных покрытий существуют различные методы. Однако большинство методов, с помощью которых эффективно возможно определить физико-механические и защитные свойства покрытий, являются разрушающими методами контроля, и, в связи с этим, носят исключительно экспериментальный характер и на практике не применимы [1].

Известно, что у лакокрасочных покрытий в процессе старения изменяются их диэлектрические характеристики. Для различных материалов существует взаимосвязь изменения диэлектрических характеристик с физико-механическими свойствами.

Диэлектрические характеристики покрытий возможно определять неразрушающими методами, поэтому определение закономерностей изменения диэлектрических характеристик в процессе старения покрытий, а также определение зависимостей изменения диэлектрических характеристик от физико-механических и других свойств, является ценным и практически значимым [1].

Одними из основных диэлектрических характеристик для различных объектов являются добротность (Q), диэлектрическая проницаемость (ε) и тангенс угла диэлектрических потерь (tg δ) [2].

Существующие способы определения диэлектрических характеристик, как правило, неприменимы для работы с лакокрасочными покрытиями. А известные способы оценки защитных покрытий, в том числе лакокрасочных, направлены либо на применение на

экспериментальном этапе, либо не позволяют оценить их диэлектрические характеристики [2].

Известен способ прогнозирования долговечности промышленных противокоррозионных лакокрасочных покрытий для металлических поверхностей (патент РФ № 2520164) [5]. Способ применяют для прогнозирования долговечности (срока службы) лакокрасочных покрытий, предназначенных для защиты металлических поверхностей промышленных объектов от коррозии. Способ предусматривает проведение ускоренных электрохимических испытаний металлических образцов с покрытиями во времени при наложении заданных частот переменного тока в среде электролита с последующим определением частотного коэффициента изменения электрической емкости образцов, по величине которого оценивают защитные свойства указанных покрытий [2].

Однако, данный способ является применимым на экспериментальном этапе, при оценке коррозионной стойкости различных покрытий, и не предназначен для определения текущего состояния покрытия.

Известен способ определения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь диэлектрической структуры (патент РФ № 2716600)[6]. Способ применяют для определения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь устройств СВЧ-электроники [3].

Основным недостатком данного способа является то, что он не предназначен для определения диэлектрических характеристик лакокрасочных покрытий.

Известен метод определения диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь с помощью куметра, принятый за прототип [4].

Метод основан на определении диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, по формулам, в результате определения показателя добротности (Q) и ёмкости объекта (C), с помощью куметра. Метод отличается высокой точностью получения результатов [4].

Основным недостатком данного метода является его неприспособленность для определения диэлектрических характеристик лакокрасочных покрытий [4].

Суть эксперимента заключается в определении состояния лакокрасочных покрытий путем установления закономерностей изменения его диэлектрических характеристик, в процессе старения, и их сопоставлении с физико-механическими свойствами покрытия [4].

В результате на кафедре Надёжности и Ремонта Машин Инженерного института Новосибирского ГАУ разработан способ определения состояния лакокрасочных покрытий по диэлектрическим характеристикам. Этот способ позволяет установить текущее состояние лакокрасочного покрытия, предварительно определить его срок службы, а также служит вспомогательным фактором при принятии решения о целесообразности ремонта покрытия [3].

Предлагаемый способ определения состояния лакокрасочных покрытий по диэлектрическим характеристикам осуществляют на базе известного способа, предусматривающего определение изменения диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь с помощью куметра, через определение параметра добротности и ёмкости объекта. Установленные таким образом зависимости изменения диэлектрических характеристик в процессе старения покрытия и сопоставление этих значений с известными значениями физико-механических свойств позволяют сделать выводы о текущем состоянии покрытия [3].

Для определения добротности лакокрасочного покрытия методом куметра разработана измерительная ячейка, в которую помещается образец с лакокрасочным покрытием.

Измерительная ячейка состоит из нижней крышки 1 соединенной с верхней крышкой 2 шарнирным соединением. На нижней и верхней крышках 1 и 2 с внутренней стороны изолирующими пластинами 3 закреплены плоские электроды 4. В центре изолирующих пластин 3 выполнено отверстие, которое образует площадку под образец 5, на которой

базируется один край плоского электрода 4. Другой край плоского электрода 4 размещен за краем верхней и нижней крышек 1 и 2, на котором смонтированы контакты измерительной ячейки 6 для соединения измерительной ячейки с куметром [3].

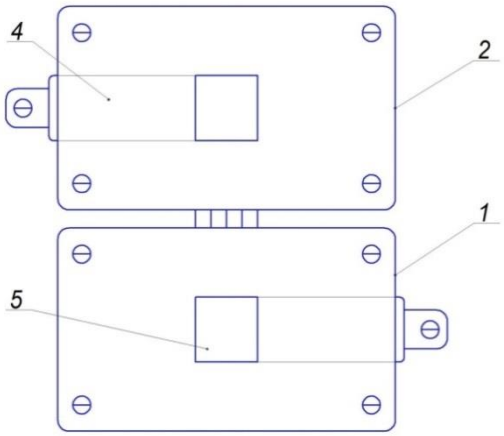



Рисунок 1 - измерительная ячейка (Вид сверху)

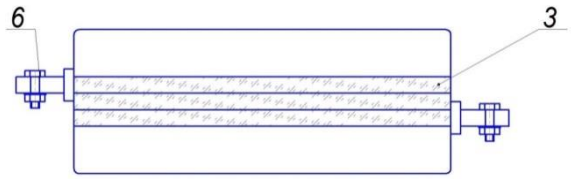



Рисунок 2 – Измерительная ячейка (Вид сбоку)

Порядок работы с измерительной ячейкой, следующий: исследуемый образец устанавливается на площадку под образец 5, измерительную ячейку закрывают, смыкая верхнюю и нижнюю крышки 1 и 2, тем самым обеспечивает плотный контакт между плоскими электродами 4 и исследуемым образцом. Контакты измерительной ячейки 6 присоединяются к куметру посредством проводников, после чего проводят испытания исследуемого образца.

Кроме измерительной ячейки, для определения диэлектрических характеристик лакокрасочных покрытий необходим куметр (напр. измеритель добротности Е 4-11, TeslaBM 560 и др.) и магнитный толщиномер покрытий с погрешностью не более 3%.

Подготовка к испытаниям, их проведение и оценка результатов.

-Для испытаний готовят не менее 3 одинаковых образцов исследуемого покрытия (ГОСТ 8832). Толщина испытываемого покрытия должна соответствовать рекомендациям в технической документации к материалу;

-Измеряют толщину испытываемых покрытий при помощи толщиномера с погрешностью не более 3%;

-Куметр готовят к эксплуатации в соответствии инструкцией;

-Подключают катушку индуктивности, и проводят измерения добротности $Q_1$ и емкости $C_1$ катушки при резонансе на выбранной частоте f и определяют собственную емкость катушки $C_0$;

-Подключают измерительную ячейку с исследуемым образцом к клеммам куметра и проводят измерения добротности $Q_2$ и емкости $C_2$ катушки при резонансе на выбранной частоте f;

-После считывания показателей добротности ($Q_1$, $Q_2$) и емкостей ($C_1$, $C_2$) по шкалам куметра расчитывают тангенс угла диэлектрических потерь ($tg\delta$) и диэлектрическую проницаемость (**ε**) исследуемого образца:

$$\mathrm{tg}\delta = \frac{(Q_1 - Q_2) * C_1}{Q_1 * Q_2 * (C_1 - C_2)},$$

(1)

$$\varepsilon = \frac{C}{C_0}, \quad (2)$$

где C – резонансная емкость образца при частоте f.

$$C = C_1 - C_2, \quad (3)$$

$$C_0 = \frac{C_1 - 4 * C_1'}{3}, \quad (4)$$

где $C_1'$- Емкость катушки при резонансе на частоте 2f.

Таким образом, возможно осуществлять измерение диэлектрических характеристик различных лакокрасочных покрытий, применяемых в различных отраслях промышленности.

Проведенные исследования лакокрасочных покрытий, на примере акриловых лакокрасочных материалов, по описанной выше методике, позволили установить закономерности изменения диэлектрических характеристик (добротность, диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь) лакокрасочных покрытий в процессе их старения, а также установить взаимосвязь изменения диэлектрических характеристик с адгезией (ГОСТ 31149), твердостью (ГОСТ 54586) покрытий, а также с площадью микротрещин на покрытии. Результаты представлены в таблице: изменение свойств и характеристик лакокрасочных покрытий в процессе старения. Полученные значения являются усредненными по результатам испытаний [3].

*Таблица 1*

Изменение свойств и характеристик лакокрасочных покрытий в процессе старения

| Срок эксплуатации покрытия, лет | $Q_1$ | $C_1$ | $Q_2$ | $C_2$, | tg δ | ε | Адгезия Балл. ГОСТ 31149 | Твердость ГОСТ 54586 | Площадь микротрещин ЛКП, мм$^2$ ($S_m$) (на участке 0,25 мм$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 | 470 | 76 | 46 | 23,1 | 0,028 | 15,67 | 2 | 5Н | 0,027 |
| 7 | | | 50 | 23,34 | 0,026 | 15,59 | 1 | 3Н | 0,004 |
| 5 | | | 55 | 25,3 | 0,024 | 15,02 | 1 | 3Н | 0,0015 |
| 1 | | | 60 | 25,78 | 0,022 | 14,87 | 0 | 2Н | не наблюдается |
| 0 | | | 65 | 27 | 0,021 | 14,51 | 0 | 2Н | не наблюдается |

**Заключение**

Представленный способ определения состояния лакокрасочных покрытий по диэлектрическим характеристикам позволяет установить текущее состояние лакокрасочного покрытия, предварительно определить его срок службы, а также служит вспомогательным фактором при принятии решения о целесообразности ремонта покрытия. На разработанный способ получен патент РФ на изобретение № 2778798.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование влияния мелкодисперсных порошковых материалов на свойства защитных покрытий машин АПК / А. П. Пичугин, А. П. Илясов, А. В. Пчельников [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2021. – № 7. – С. 36-40. – DOI 10.31044/1684-2561-2021-0-7-36-40. – EDN KORRXT.

2. Исследование истираемости систем лакокрасочных покрытий, применяемых при ремонтном окрашивании технологических и транспортных машин АПК / А. В. Пчельников, А. А. Железнов, Д. А. Ханин, В. Н. Хрянин // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования, Новосибирск, 10 ноября 2014 года / Новосибирский

государственный аграрный университет. – Новосибирск: Издательский центр "Золотой колос" Новосибирского государственного аграрного университета, 2014. – С. 40-46. – EDN TLKGDF.
3. Патент № 2778798 C1 Российская Федерация, МПК G01R 27/26. Способ определения состояния лакокрасочных покрытий по диэлектрическим характеристикам: № 2021123174: заявл. 30.07.2021 : опубл. 25.08.2022 / А. П. Пичугин, А. В. Пчельников, А. П. Илясов [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ.
4. Ю.А. Гусев. Основы диэлектрической спектроскопии / уч. пособие. Казанский гос. ун-т. Казань, 2008. с. 67
5. Патент № № 2520164 C1 Российская Федерация, МПК G01N 17/00. Способ прогнозирования долговечности промышленных противокоррозионных лакокрасочных покрытий для металлических поверхностей : № 2012130904 : заявл. 20.07.12: опубл. 20.06.2014 / Е.В. Бакирова, Б.С. Агаян, Т.В. Варагина, И.А. Корольченко, И.К. Гречановский; заявитель ФГБУ НИИПХ Розрезерва.
6. Патент РФ № 2716600 C1 Российская Федерация, МПК G01R 27/26. Способ определения относительной диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь диэлектрической структуры: № 2019119672: заявл. 25.06.2019: опубл. 13.03.2020 / Д.А. Усанов, С.А. Никитов, А.В. Скрипаль, Д.В. Пономарев, В.Б. Феклистов, О.М. Рузанов, И.О. Тимофеев; заявитель ФГБОУ ВО Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского.

УДК 62-799

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ОТКАЗОВ В ЭЛЕКТРОЦЕПИ АВТОМОБИЛЯ

Л.М. Иванов, В.С. Антоненко, В.В. Коротких, В.П. Плешаков
*Новосибирское высшее военное командное училище*

***Аннотация.*** Проанализирована схема электрооборудования автомобиля КамАЗ-4310. Предложено техническое решения усовершенствования данной схемы электрооборудования для получения возможности диагностики электрических цепей автомобиля. При совершенствовании схемы предложено использовать микроконтроллеры на базе Arduino или Raspberry PI.

***Ключевые слова:*** диагностика, отказ, электрооборудование, цепь, автомобильная техника.

Эксплуатации автомобильной техники (АТ) зачастую сопровождается отказами отдельных её элементов и систем. При этом уровень эффективность эксплуатации АТ напрямую зависит от оперативности устранения последствий отказов. Данную оперативность можно повышать за счёт применения различных диагностических операций для сокращения времени выявления причины отказов. Одной из наиболее важных систем, в значительной степени влияющей на эффективность функционирования АТ, является система электрооборудования, включающая в себя электрическую цепь и различные электрические приборы (аккумуляторную батарею (АБ), контрольные приборы, датчики и т.д.). Электрическая система является достаточно сложной, поэтому некоторые её участки являются труднодоступными, что обуславливает проблемы с её диагностикой. Вследствие этого, работа, направленная на совершенствование системы диагностики АТ, является актуальной.

Совершенствование системы электрооборудования производилась на основе автомобиля КамАЗ-4310 [1]. КамАЗ-4310 является основной машиной на вооружении

Вооруженных Сил Российской Федерации. Кроме того, его двигатель (КамАЗ 740.14) устанавливается на некоторые виды боевых машин, таких как БТР-80 и БТР-82 [2], которые аналогично КамАЗу являются основными боевыми машинами на службе Вооруженных Сил Российской Федерации.

Первоначальная (заводская) схема автомобиля КамАЗ-4310 имеет вид в соответствие с представленным на рисунке 1

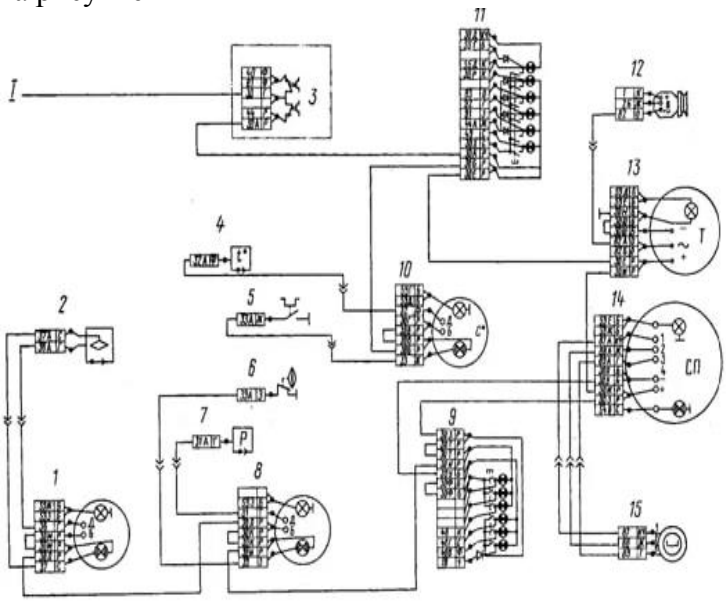



Рисунок 1 – Заводская схема электрооборудования автомобиля КамАЗ-4310

В процессе доработки заводской схемы электрооборудования автомобиля КамАЗ-4310 для получения возможности диагностики отказов электрической цепи было принято решение использовать микроконтроллеры на базе Arduino (рисунок 2) или Raspberry PI (рисунок 3) со встроенным Wi-Fi или Bluetooth модулями для связи с головным центром.



Рисунок 2 – Плата Arduino WeMos




Рисунок 3 – Плата Raspberry PI

Головной центр целесообразно разместить на основном компьютере у диспетчера, который будет производить мониторинг всех систем автомобиля и сообщать о их неполадках. В цепь автомобиля были встроены амперметры и вольтметры повышенной чувствительности для фиксации малейших отклонений от нормальных показателей. Также диспетчер может проверять состояние машин на хранении, во время марша и получать показатели с приборов в реальном времени.

При обнаружении отказов в цепи при помощи амперметров и вольтметров, микроконтроллер будет отправлять сигнал на основной компьютер по средствам сети интернет или Bluetooth к диспетчеру, который в свою очередь будет принимать решение о дальнейших действиях. Также соединение можно будет устанавливать через спутниковые сети, при наличии договоренностей с владельцами спутников. Платы серии Arduino Wemos (рисунок 2) и Raspberry PI (рисунок 3) обладают вычислительными мощностями для установления качественного соединения на достаточно больших расстояниях. Также платы Arduino или Raspberry PI очень просты в использовании, так как программируются на Си-подобных языках. Соответственно, программирование можно проводить в таких средах как Arduino IDE, Visual Studio, Clion. Данные среды крайне просты в изучении и программировании. Также Arduino IDE и Clion являются продуктами китайских и российских программистов (Clion разрабатывался и обслуживается в Санкт-Петербурге), соответственно проблем с получением софта для работы не должно возникать. Защиту соединения можно производить при помощи сквозного шифрования, аналогично шифрованию в мессенджере Телеграмм. Для шифрования необходимо использовать специальный модуль, который ставится на микроконтроллеры. На компьютере же дешифрование будет происходить при помощи специальной программы с вшитым в нее алгоритмом. Только в данной ситуации можно избежать перехвата и искажения или дешифрования данных, передаваемых с контроллера на центральный компьютер. В случае использования данной системы на военной технике шифрование и безопасность данных в целом являются ключевым моментом в данной системе (рисунок 3).

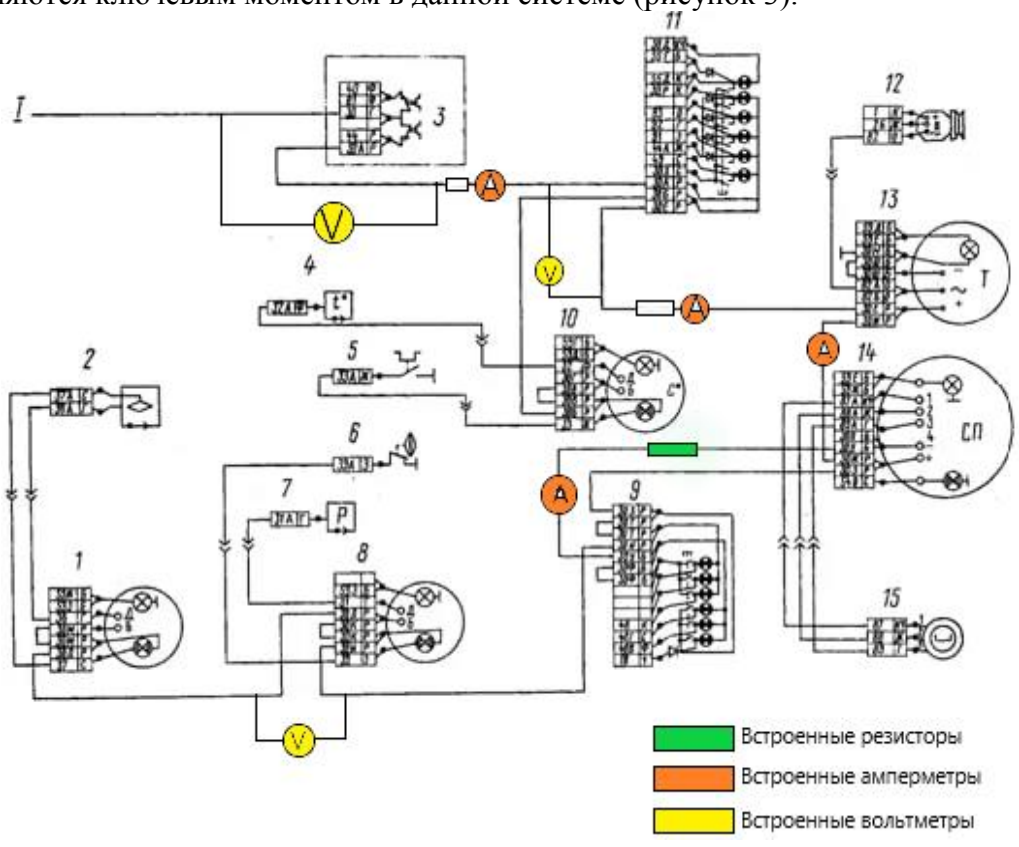



Рисунок 3 – Усовершенствованная схема электрооборудования

автомобиля КамАЗ: 1 – реле отключения обмотки возбуждения генератора; 2 – генератор; 3 – блок предохранителей; 4 – реле стартера; 5 – стартер; 6 – батареи аккумуляторные; 7 – выключатель массы; 8 – кнопка дистанционного выключателя массы АБ; 9 – реле электродвигателей отопителя; 10 – амперметр; 11 – предохранители 13.3722 (7,5А); 12 – предохранитель ПР310 (10А); 13 – выключатель приборов и стартера

На схеме видны встроенные в цепь амперметры и вольтметры для получения диагностической информации по системе электрооборудования автомобиля КамАЗ-4310. Кроме того, перед амперметрами были установлены резисторы малого сопротивления, с целью обеспечения работоспособности данных амперметров при резких скачках напряжения в цепи электрооборудования автомобиля.

Усовершенствованную систему диагностики отказов в электроцепи автомобиля возможно будет применять как в гражданской, так и в оборонной отраслях.

Данная система может помочь при передаче автомобилей внутри предприятий, например, в ситуациях с недобросовестными работниками, которые скрывают поломки в своих при сдаче автомобилей и военной техники на хранение или обслуживание, а также при выявлении лиц виновных в поломке.

В военно-промышленном комплексе данная система будет использоваться для оперативного определения отказов на поле боя, на марше, на учениях и при испытаниях техники.

Таким образом, на основании вышеизложенного сделаны следующие выводы:

1. В перспективе, после доработки данной системы, путём использования различных датчиков (инфракрасных, ультразвуковых и т.д.), возможно будет производить диагностику отказов не только в электроцепях, но и в агрегатах автомобилей или боевых машин.

2. Усовершенствованная система диагностики может быть установлена на любых машинах со схожими электроцепями и компонентами автомобилями КамАЗ-4310, БТР-80 и БТР-82.

3. Усовершенствованная система диагностики является простой в установке и работе, что обеспечивает высокий уровень её надежности.

4. Система устойчива к холоду и влаге, что особенно важно при применении в сложных условиях эксплуатации техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1) Бронетанковые вооружения: учебное пособие / С.В. Сафронов [и др.] – Новосибирск: НВВКУ, 2017. - 320 с.

2) Устройство военной автомобильной техники: учебное пособие / О.А. Поливода, П.А. Москвин; под ред. В.А. Родионова. - Москва: КНОРУС, 2020. - 242 с.

УДК 631.3-6

# ФОРМИРОВАНИЕ ЯДРА И КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ ЗОН ПРИ ОЦЕНКЕ МОЮЩЕ-ДИСПЕРГИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МОТОРНОГО МАСЛА

В.К. Корнеева, канд. техн. наук, доцент
В.М. Капцевич, д-р техн. наук, профессор
И.В. Закревский, ст. преподаватель
В.В. Остриков, студент
*Белорусский государственный аграрный технический университет*

***Аннотация*.** Описан процесс формирования ядра и концентрических зон на хроматограмме, полученной методом «капельной пробы». Подтверждено наличие трех характерных стадий растекания капли и фильтрования масла.

***Ключевые слова:*** моторное масло, «капельная проба», ядро, концентрические зоны, глубинное и поверхностное фильтрование, стадии растекания и фильтрования.

В настоящее время одновременно с ростом энергонасыщенности отраслей АПК возникает острая необходимость не только контроля качества используемых новых моторных масел, но отслеживания изменения свойств работающих масел непосредственно в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники. В моторном масле в процессе эксплуатации непрерывно происходят как количественные, так и качественные изменения – масло «стареет». Старение масла обусловлено тесно взаимосвязанными между собой термическими, физико-химическими и трибологическими процессами, протекающими в масляной системе ДВС. Под действием этих процессов старение моторного масла происходит в результате его загрязнения пылью, продуктами износа, водой или охлаждающей жидкостью, топливом, продуктами разложения самого масла и срабатывания присадок.

Одним из наиболее распространенных и простых методов оценки состояния работающего моторного масла является метод «капельной пробы» – метод *Blotter Spot,* заключающийся в нанесении капли масла на фильтровальную бумагу и последующем анализе полученного масляного пятна [1]. Метод «капельной пробы» является наиболее информативным органолептическим методом, позволяющим по бумажной хроматограмме масляного пятна выделить кольцевые зоны и оценить моюще-диспергирующие свойства, наличие воды и топлива, а также загрязненность моторного масла нерастворимыми примесями. Метод позволяет определить критическое состояние моторного масла, а именно, потерю моюще-диспергирующих свойств, предельно допустимое содержание воды, топлива и нерастворимых примесей, что в конечном итоге дает возможность сделать заключение о целесообразности дальнейшего использования масла.

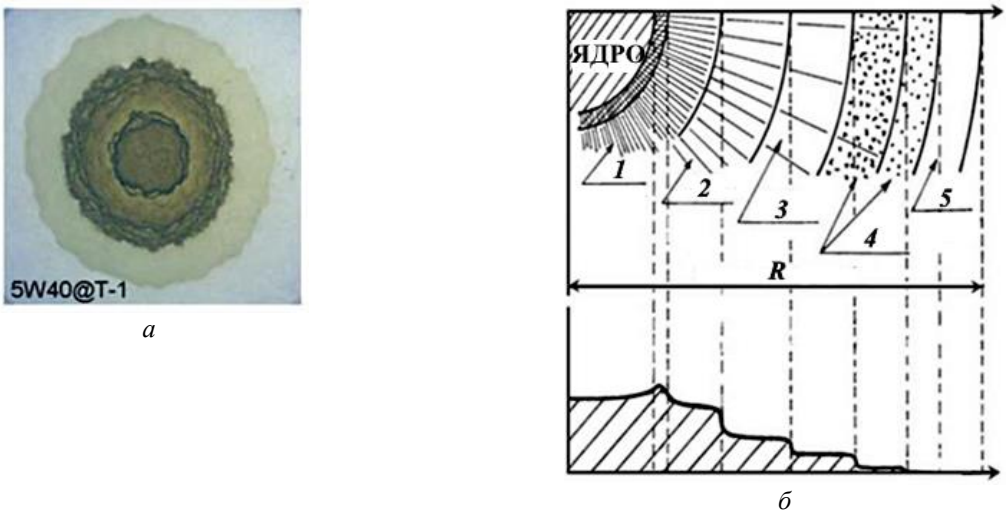
В работах [2–5] приведены методики осуществления метода «капельной пробы» с различными режимами процесса. Так, автор [2] предлагает наносить каплю масла при температуре 20–25 °С с помощью пипетки офтальмологической, заполненной на 1/2 стеклянной части, на фильтровальную бумагу обеззольный фильтр «синяя лента» с последующей сушкой масляного пятна при комнатной температуре (20–25 °С) в течении 3–4 ч. В работе [3] описан метод «капельной пробы» с нанесением капли масла при помощи стержня с высоты 5–10 мм и высушиванием масляного пятна в течении 10 минут при комнатной температуре, а исследователь [4] обосновывает выбор высоты падения капли с расстояния 50 мм и температуры нанесения капли, равной 80 °С, в тоже время автор [5] предлагает осуществлять сушку при температуре 160 ± 10 °С.

Таким образом, отсутствие единого мнения в подходах к реализации метода «капельной пробы» приводит к невозможности сопоставления и оценки результатов различных авторов. Кроме того, при проведении анализа полученных хроматограмм, в том числе с использованием компьютерных технологий, данные о процессе формирования

кольцевых зон, связанном с поведением капли масла на фильтровальной бумаге, динамике ее растекания и впитывания, в литературе отсутствуют.

Цель работы. Описать процесс формирования ядра и концентрических зон на хроматограмме, полученной методом «капельной пробы», подтвердить наличие трех характерных стадий растекания капли и фильтрования масла.

Стандарт ASTM D7899-19 [1], разработанный Американским обществом по испытанию материалов (*American Society for Testing and Materials*) и описывающий процедуру определения моюще-диспергирующих свойств и загрязненности моторных масел, с нашей точки зрения, более реально описывает распределение различных зон на хроматограмме масляного пятна (рис. 1).




*а* *б*

Рисунок 1. Капельная проба: *а* – хроматограмма полученного масляного пятна; *б* – схема распределения различных зон; *1* – зона частиц среднего размера; *2* – зона частиц мелкого размера; *3* – зона ультрадисперсных частиц; *4* – зона продуктов окисления; *5* – зона чистого масла и топлива; *R* – радиус масляного пятна после сушки при 80 °С в течение 1 ч

Капля масла после попадания на фильтровальную бумагу, во-первых, растекается под действием силы тяжести по ее поверхности и проникает в поры в вертикальном направлении, и, во-вторых, под действием капиллярных сил распространяется по порам бумаги в радиальном направлении. Процесс перемещения масла, с содержащимися в нем частицами загрязнений, по порам бумаги является процессом фильтрования. При этом, процесс протекания фильтрования в вертикальном и радиальном направлении реализуется по-разному. В вертикальном направлении процесс осуществляется в режиме поверхностного фильтрования, при котором крупные частицы загрязнений, а также гелеобразные образования, размеры которых превышают размеры поверхностных пор бумаги, не могут проникнуть в них и осаждаются на поверхности с образованием кейк-слоя [6] – формируется ядро масляного пятна. Средние и мелкие частицы загрязнений, способные проникнуть в поровые каналы в вертикальном направлении, в дальнейшем с потоком масла перемещаются в радиальном направлении. Такие частицы, перемещаясь по порам в радиальном направлении, задерживаются в них в зависимости от размеров в определенных концентрических зонах. Таким образом на хроматограмме образуются: зона частиц среднего размера (рис. 1, зона *1*), зона частиц мелкого размера (рис. 1, зона *2*) и зона ультрадисперсных частиц (рис. 1, зона *3*). Зона продуктов окисления (рис. 1, зона *4*) и расположенная за ней зона чистого масла и топлива (рис. 1, зона *5*) формируются на хроматограмме в зависимости от различия капиллярных свойств продуктов окисления, масла и топлива.

Рассмотрим процесс формирования ядра масляного пятна в начальный момент растекания и проникновения в поры капли работающего моторного масла марки 10*W*40 (30 ч

наработки) на фильтровальной бумаге «синяя лента» (размер пор 3–5 мкм, толщина 0,16 мм, пористость 0,78–0,8).

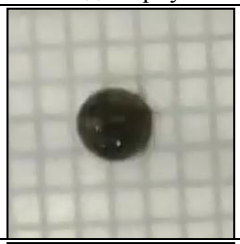
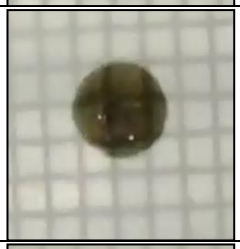
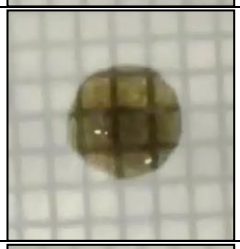
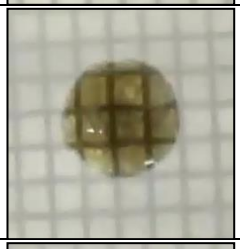
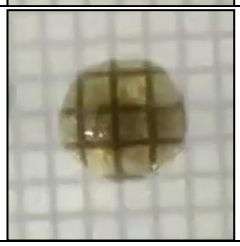
Для нанесения капли масла на фильтровальную бумагу собиралась установка, состоящая из капельницы *1*, закрепленной вертикально на штативе *2*, с возможностью регулирования объема и высоты падения капли. Объем капли выбирался равным 15 мкл, высота падения – 25 мм.

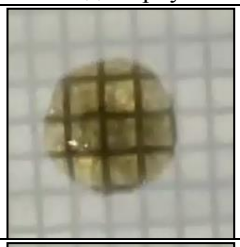
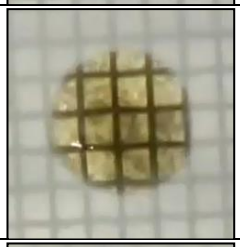
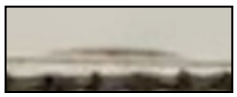
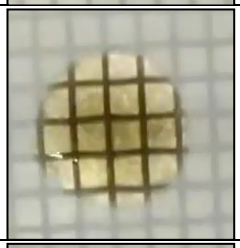
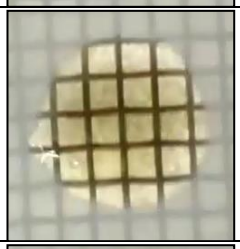
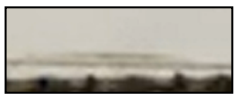
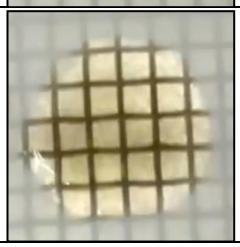
В процессе проведения эксперимента при помощи камеры мобильного телефона фиксировалось видеоизображение поведения капли (вид сбоку и вид сверху) с момента нанесения ее на фильтровальную бумагу и в процессе последующего растекания и проникновения в течение 100 с через 1 с.

Примеры результата проведения исследований динамики изменения формы и размеров (диаметр основания $D_к$ высота капли $h$, диаметр масляного пятна $D_п$,) капель при растекании на фильтровальной бумаге приведены в табл. 1.

*Таблица 1*

Изменение формы и размеров капель

| Время, τ, с | Внешний вид и размеры капли и масляного пятна | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Вид сбоку | Вид сверху | $D_к$, мм | $h$, мм | $D_п$, мм |
| 0 |  |  | 3,77 | 1,38 | 4,00 |
| 1 |  |  | 4,45 | 1,15 | 5,20 |
| 2 |  |  | 5,41 | 0,71 | 6,08 |
| 3 |  |  | 5,41 | 0,66 | 6,60 |
| 4 |  |  | 5,41 | 0,59 | 7,32 |

| Время, τ, с | Внешний вид и размеры капли и масляного пятна | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Вид сбоку | Вид сверху | $D_к$, мм | $h$, мм | $D_п$, мм |
| 5 |  |  | 5,41 | 0,52 | 7,32 |
| 10 |  |  | 5,41 | 0,42 | 8,30 |
| 20 |  |  | 5,35 | 0,21 | 9,26 |
| 50 |  |  | 4,71 | 0,12 | 10,21 |
| 100 |  |  | 3,91 | 0,1 | 11,51 |

Процесс растекания капли и фильтрования масла на фильтровальной бумаге носит сложный характер и протекает в три стадии [7–9].

На первой стадии после попадания капли масла на бумагу происходит ее растекание по поверхности с увеличением диаметра основания и уменьшением высоты капли. Одновременно происходит фильтрование масла в вертикальном направлении до момента полного заполнения пор по толщине бумаги. Крупные частицы загрязнений и гелеобразные частицы, содержащиеся в масле, в виде кейк-слоя оседают на поверхности бумаги (происходит формирование ядра), а более мелкие частицы – проникают в поры.

На второй стадии продолжается уменьшение высоты капли, а ее диаметр основания остается постоянным. При этом фильтрование масла с частицами загрязнений осуществляется в радиальном направлении.

Начало третьей стадии можно охарактеризовать полным исчезновением капли, а дальнейшее фильтрование масла с частицами загрязнений продолжается в радиальном направлении. На второй и третьей стадиях происходит последовательное формирование в виде концентрических окружностей сначала зоны частиц среднего размера, и последующих зоны частиц мелкого размера, зоны ультрадисперсных частиц, зоны продуктов окисления и зоны чистого масла и топлива.

Рис. 2 наглядно иллюстрирует присутствие трех стадий процесса растекания капли и фильтрования масла на фильтровальной бумаге. Анализ полученных результатов показывает, что первая стадия, то есть формирование ядра, происходит на 2 с процесса.

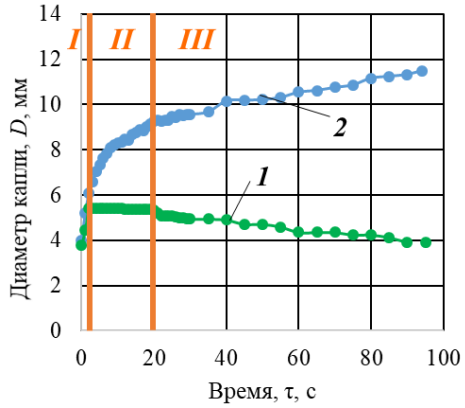



Рисунок 2. Зависимость измения диаметра основания капли (1) и масляного пятна (2) от времени τ

Вторая стадия, сопровождающаяся постоянством диаметра капли и возрастанием диаметра масляного пятна, длится с 2 по 20 с.

На третьей стадии процесс фильтрования в радиальном направлении продолжается с линейным уменьшением диаметра капли и дальнейшем увеличением диаметра масляного пятна.

Процесс растекания капли и фильтрования масла, одновременно с изменением формы и размеров капли, сопровождается и изменением краевого угла смачивания масла на фильтровальной бумаге. Краевой угол смачивания θ, рассчитывали, с учетом предположения [10], что жидкая капля является частью сферы (рис. 3).

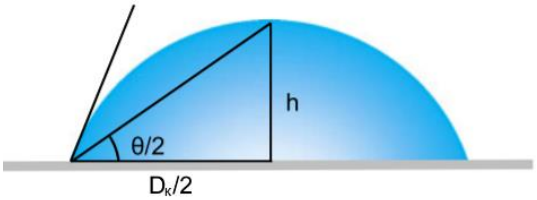



Рисунок 3. Приближенная оценка краевого угла смачивания

Тогда краевой угол смачивания можно рассчитать:

$$\theta = 2\arccos\frac{D_к / 2}{\sqrt{(D_к / 2)^2 + h^2}}\frac{180}{\pi}.$$

На рис. 4 представлены результаты расчетов изменения краевого угла смачивания θ от времени τ.

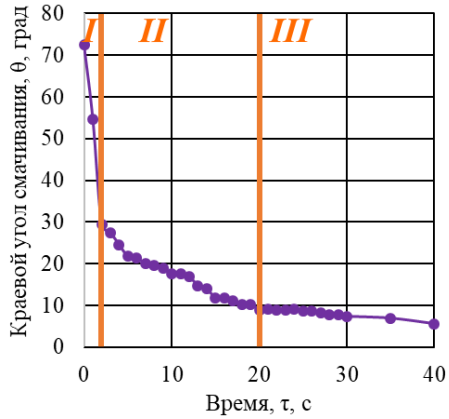



Рисунок 4. Зависимость изменения краевого угла смачивания θ от времени τ

Полученная графическая зависимость (рис. 4) также свидетельствует о наличии трех зон растекания капли и фильтрования масла на фильтровальной бумаге: на первой стадии угол смачивания резко уменьшается, на второй – его изменение характеризуется линейной зависимостью, а на третьей – угол смачивания остается практически постоянным.

Выводы. Описан процесс формирования ядра и концентрических зон на хроматограмме, полученной методом «капельной пробы». Показано, что формирование ядра, происходит на 2 с процесса в результате поверхностного фильтрования с образованием кейк-слоя, а формирование концентрических зон осуществляется за счет глубинного фильтрования в радиальном направлении движения масла с частицами загрязнений.

Подтверждено наличие трех характерных стадий растекания капли и фильтрования масла, заключающихся в заполнении маслом пор бумаги в вертикальном направлении и осаждением на ее поверхности крупных и гелеобразных частиц загрязнений (первая стадия), дальнейшее перемещение масла с загрязнениями под действием капиллярных сил в радиальном направлении и формировании концентрических зон на хроматограмме масляного пятна (вторая и третья стадии).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899-19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. – 7 p.

2. Серков, А.П. Совершенствование обслуживания автотранспортных средств за счет диагностики технического состояния эксплуатационных материалов: дисс. … канд. техн. наук: 05.22.10 / А.П. Серков. – Омск, 2018. – 189 л.

3. Остриков, В.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В.В. Остриков [и др.]. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 304 с.

4. Розбах, О.В. Экспресс-диагностика качества высокощелочных моторных масел способом «капельной пробы»: дисс. … канд. техн. наук: 05.20.03 / О.В. Розбах. – Омск, 2006. – 137 л.

5. Гурьянов, Ю.А. Экспресс-методы и средства диагностирования агрегатов машин по параметрам масла: дисс. … д-ра техн. наук: 05.20.03 / Ю.А. Гурьянов. – Челябинск, 2007. – 371 л.

6. Леонов, А. Н. Комбинированные фильтрующие системы на основе фильтров с поверхностным и объемным механизмами фильтрования / А.Н. Леонов, В.М. Капцевич, В.К. Корнеева. – Минск: БГАТУ, 2017. – 124 с.

7. Starov, V.M. Spreading of liquid drops over porous substrates / V.M. Starov et al. // Advances in Colloid and Interface Science. – 2003. – № 104. – P. 123-158.

8. Rosenholm, J.B. Liquid spreading on solid surfaces and penetration into porous matrices: Coated and uncoated papers / J.B. Rosenholm // Advances in Colloid and Interface Science. – 2015. – № 220. – P. 8-53.

9. Chebbi, R. Absorption and spreading of a liquid droplet over a thick porous substrate / R. Chebbi // ACS Omega. – 2021. – №6. – P. 4649-4655.

10. Yuan, Y. Contact Angle and Wetting Properties / Y. Yuan, T.R. Lee // Springer Series in Surface Sciences book series (SSSUR, volume 51). – 2013. –P. 3-34.

УДК 621.43

# СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ КЛАПАНОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

А.С. Нельзин, студент
Т.В. Возженникова, ст. преподаватель
Е.В. Агафонова, ст. преподаватель
Р.В. Конореев, канд. техн. наук
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Наиболее интенсивному изнашиванию в газораспределительном механизме подвержены фаски клапанов, так как в процессе работы они подвергаются химическому и тепловому износу. В настоящее время существует множество способов восстановления изношенных клапанов: пластической деформацией, напылением порошков, дуговой наплавкой в среде защитных газов, электроконтактным напеканием порошков, лазерным легированием и плазменно-порошковой наплавкой, остается выбрать наиболее экономически выгодный способ в условиях специализированных ремонтных предприятий.

***Ключевые слова:*** износ, клапан, фаска, поверхность тарелки, двигатель внутреннего сгорания, наплавка, восстановление,

Клапаны – ключевые детали газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания **(**ДВС), которые должны гарантировать полную герметизацию камеры сгорания. Ресурс клапанов автотракторных двигателей главным образом лимитирован износом его фаски, в результате чего в сопряжении седло - фаска клапана увеличивается глубина утопания тарелки относительно поверхности камеры сгорания головки блока цилиндров, что ведет к ухудшению экономических показателей двигателя: снижению мощности, повышению расхода топлива, масла и др [1].

Быстрый износ фасок клапанов объясняется тем, что в процессе работы они подвергаются химическому и тепловому воздействию, через фаску отводится в 3-5 раз больше теплоты, чем через стержень. Практически все клапаны поступающих в ремонт двигателей имеют износ по фаске тарелки. При достижении предельного износа [2], клапан необходимо заменять новым или восстанавливать.

Широко известны следующие способы восстановления изношенных фасок клапанов: пластической деформацией, напылением порошков, дуговой наплавкой в среде защитных газов, электроконтактным напеканием порошков.

Восстановление фасок клапанов пластической деформацией [3] может осуществляться по двум схемам: путем внедрения деформирующего инструмента (индентора) в поверхность тарелки сверху или снизу. Пластическая деформация осуществляется на горячую, на гидравлических прессах (в штампе), нагрев целесообразно производить ТВЧ.

В процессе внедрения индентора в тело головки клапана металл выдавливается в зону фаски, что и обеспечивает компенсацию износа.

Сущность процесса наплавки токами высокой частоты заключается в следующем: на заготовку клапана, в выточку, укладывается кольцо из жаропрочного сплава, зона наплавки защищается от окисления порошковым флюсом или газовой защитой (аргон, азот). Специальный индуктор нагревает кольцо токами высокой частоты до расплавления и подогревает заготовку клапана до температуры, обеспечивающей диффузионное соединение. Для кристаллизации расплавленного сплава на торец клапана снизу подается вода, в результате происходит «намораживание», т.е. направленная кристаллизация сплава. Равномерность нагрева обеспечивается вращением клапана. Для наплавки клапанов ТВЧ разработаны специальные самофлюсующиеся сплавы на никель-хром-бористой основе, такие как НХ16С2Р2 (ЭП616), НХ26С2Р2 (ЭП616А), НХ24С2Р2Б (ЭП616Б), и НХ10С2Р2

(ЭП616В), которые в четыре раза дешевле кобальтовых стеллитов, имеют высокую стойкость против коррозии и достаточную твердость в горячем состоянии. На рабочей наплавленной поверхности клапана не должно быть трещин, раковин и неметаллических включений. На клапанах с диаметром тарелки более 70 мм допускаются отдельные участки междендритной усадочной пористости, количество и размеры которых установлены технической документацией на конкретные клапаны. Участки пористости не должны выходить на края притираемой поверхности. Отсутствие трещин, закатов, раскованных и раскатанных пузырьков проверяют методами магнитной дефектоскопии, а для немагнитных материалов - капиллярным методом. Зарубежные фирмы на промежуточную наплавку, в основном выполненную из сплава на кобальтовой основе (стеллит-6 твердостью HRC 39-49 и др.), наплавляют еще слой твердого коррозионно-стойкого сплава на никелевой основе (70% Ni и более) с высокой твердостью (HRC 48-62). Для увеличения стойкости клапанов торец стержня клапана также наплавляют износостойким материалом, а поверхности стержня подвергают азотированию или хромированию. Способом пластической деформации можно восстанавливать фаски клапанов, имеющих равномерный износ поверхности, без сколов, трещин и прогаров.

В ГОСНИТИ разработан способ восстановления фасок клапанов роторным напылением самофлюсующихся порошков. Все существующие схемы напыления имеют низкий коэффициент использования порошка (25…30%) при нанесении покрытий на такие узлы поверхности, как фаски клапанов. При роторном напылении используется до 90% напыляемого материала. Сущность способа заключается в следующем. Вращающееся пламя многосопловой горелки сначала разогревает восстанавливаемую поверхность до 500°С. Затем с увеличением скорости вращения горелки под действием центробежной силы из аксиально расположенного бункера в пламя подается порошок, который и наносится на поверхность фаски. После нанесения покрытия происходит оплавление напыленного порошка. Напыление производится в ацетилено-кислородном пламени порошком типа ПГНХ-80СР-2, СР-3, СР-4. Применение этих материалов обеспечивает высокую износостойкость восстанавливаемых клапанов.

Самофлюсующиеся порошки системы типа Ni-Cr-B-Si являются дорогим материалом. Поэтому ремонтные предприятия стремятся внедрить другие способы восстановления фасок клапанов автотракторных двигателей. Так, на некоторых заводах внедрено восстановление фасок клапанов электродуговой наплавкой в среде аргона легированной проволокой 05Х19Н5ФЗС2 (ГОСТ 2246—70). Используются типовые электрооборудование и режимы. Технологический процесс включает очистку деталей от нагара и маслянистых загрязнений, наплавку и шлифование восстанавливаемой поверхности. Качество восстановленных клапанов не уступает новым.

Один из известных способов восстановления является наплавка клапана металлом, заключающийся в погружении подогретого клапана в расплавленный металл. Однако после наплавки клапана возникает необходимость убирать лишний металл с днища тарелки клапана, что существенно увеличивает общее время ремонта клапана и расход дорогостоящего порошка. Также необходимо откачивать воздух из пространства, в которое помещен клапан.

При процессе лазерного легирования необходимо, чтобы температура металла на поверхности достигала значений, немного превышающих температуру его плавления. В процессе плавления материала основы происходит интенсивное перемешивание его с легирующими элементами, размещенными на обрабатываемой поверхности. Глубина легирования определяется мощностью луча лазера, его диаметром и скоростью сканирования. Глубина легирования в зависимости от режимов обработки насыщенного и легирующего материалов может достигать, например, при насыщении углеродистой стали кобальтом, 1,2 мм. Лазерное легирование позволяет значительно повысить износостойкость, коррозионную стойкость и противоударную прочность клапанов.

Еще один широко используемый в России способ восстановления это наплавка клапанов ориентированная на нанесение сплавов на основе никеля с использованием плазменно-дугового процесса.

Для клапанов автомобильных двигателей рекомендуется использовать порошки ПГ-СР2, ПГ-СР3 с добавлением 4% Al, который повышает жаростойкость сплавов и предупреждает возникновение отдельных пор.

Для наплавки фасок клапанов тракторных двигателей, имеющих большую массу, кроме рекомендованных, можно применять также порошковые твердые сплавы на железной основе ПГ-С1, ПГ-УС25 с добавлением к последним 6% Al. [1]

При выборе материала для наплавки клапанов следует руководствоваться тем, что хромоникелевые сплавы имеют более высокую жаростойкость и износостойкость, но они в 8-10 раз дороже твердых сплавов на железной основе и хуже обрабатываются.

Применение плазменного способа наплавки позволило повысить износостойкость рабочей поверхности тарелки автомобильных клапанов в 1,7-2,0 раза по сравнению с износостойкостью новых.

Однако эта технология на сегодняшний день не отвечает требованиям надежности и долговечности клапанов в связи с недостаточно высокой коррозионно и износостойкостью покрытия при высоких температурах.

Для наплавки фасок клапанов применяются различные методы и материалы на кобальтовой и никелевой основе, например стеллиты (4.5% W, 30% Cr, 60% Co, остальное C, Fe, и Si). Толщина наплавленных твердых сложных сплавов типа стеллитов, например вольфрамохромокобальтового сплава ВЗК или нихрома Х20Н80, составляет 1-1,5 мм. Сплав наносится на поверхность нагретой заготовки. Стеллитовые покрытия превышают твердость поверхности в большей степени, чем закалка или азотирование. Сплавы ВЗК и Х20Н80 обладают хорошей жаростойкостью до 1000-1100°С. Твердость ВЗК около HRC 70. Нихром имеет меньшую твердость, но благодаря большой пластичности лучше прирабатывается к седлу; плотное прилегание обеспечивается даже при короблении седел.

Ведущие зарубежные фирмы DELORO STELLITE (Великобритания), INTERWELD (Австрия), SNMI (Франция), выпускающие оборудование для наплавки клапанов и внедряющие этот процесс во всем мире, ориентируются на новую технологию, получившую название PTA-процесс (plasma transferred arc), в русском варианте – процесс плазменной наплавки-напыления (ПНН) или плазменно-порошковой наплавки (ППН). В качестве присадочного материала для наплавки клапанов используется исключительно материал на основе кобальта (стеллит). Производители этих материалов выпускают до 20 модификаций различных стеллитов. Такая технология сейчас используется повсеместно на всех российских заводах – производителях автомобилей и на ремонтных предприятиях[2].

Сущность процесса ППН состоит в нанесении порошковых покрытий толщиной 0,5…4,0мм с гибким регулированием ввода тепла в порошок и изделие плазмотроном с двумя дугами — основной и пилотной. При этом пилотная (косвенная) дуга используется для расплавления присадочного материала, а основная дуга (переносимая на изделие) – для поддержания температуры частиц порошка на детали. При ППН увеличение времени нахождения частиц порошка при высокой температуре способствует максимальному сцеплению и уплотнению частиц с минимальным перегревом поверхности детали. Оптимизация основных характеристик процесса (токов основной и пилотной дуги, расстояния до изделия, скорости подачи порошка и скорости перемещения изделия относительно плазмотрона) ведет к минимальной чувствительности к скорости подачи порошка и в определенных пределах к скорости перемещения изделия.[4]

В таблице 1 представлены характеристики основных методов, используемых для упрочнения и ремонта клапанов двигателей внутреннего сгорания

*Таблица 1*

Характеристики основных методов, используемых для упрочнения и ремонта клапанов двигателей внутреннего сгорания

| Название метода | Растворимость основного металла | Сцепление с основой | Степень автоматизации |
|---|---|---|---|
| Наплавка ТВЧ | 20 - 30% | отличное | полуавтомат |
| Лазерное легирование | 5 - 10% | отличное | полуавтомат |
| Плазменная наплавка | 2 - 5% | отличное | полная |

В настоящее время, при широкой распространнености и достаточно невысокой цене и компактности требуемого промышленного оборудования становится доступным восстановлением фасок клапанов в условиях специализированных ремонтных предприятий как наплавкой ТВЧ, так и лазерным легированием или плазменно-порошковой наплавкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Восстановление клапанов [Электронный ресурс]. URL: http://delta-grup.ru/bibliot/23/47.htm (дата обращения: 31.10.2022)

2. Тенденции применения современных средств измерения и контроля при ремонте ДВС / Д. С. Исаенко, Е. В. Агафонова, Р. В. Конореев, Т. В. Возженникова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 11 ноября 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2020. – С. 70-73. – EDN DOLUFK.

3. Восстановление деталей пластическим деформированием в условиях предприятий АПК / К. Н. Абакиров, Е. В. Агафонова, Т. В. Возженникова, Р. В. Конореев // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : материалы VIII региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвященной 80-летию НГАУ-НСХИ, Новосибирск, 10–11 ноября 2016 года / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: Золотой колос, 2016. – С. 87-90. – EDN UUVMXE.

4. Современные технологии производства [Электронный ресурс]. URL: https://extxe.com/2949/tehnologija-vosstanovlenija-detalej-dvigatelja/#7 (дата обращения: 31.10.2022)

УДК 621.793

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ (ХГДН) ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИХ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

В.В. Неустроев, магистрант
А.Ю. Понизовский, канд. техн. наук
М.А. Попов, ст. преп.
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье описываются основные неисправности электрических машин и генераторных установок при возникновении исследуемого дефекта детали. В статье дается краткая информация по уже ранее известным способам и методам восстановления изношенной детали, а также приводится анализ их эффективности и целесообразности.

Предлагается на основе анализа при восстановлении данного дефекта детали использовать относительно современный метод восстановления детали – метод холодного газодинамического напыления с использованием порошкового присадочного материала. Также в статье обосновывается выбор применения данной технологии при восстановлении и ремонте деталей машин.

***Ключевые слова.*** Электрическая машина, вращающийся ротор, контактные кольца, дефект, номинальный размер, восстановление, технологический процесс.

Изнашивание - это необратимый процесс изменения размеров деталей во время эксплуатации. При этом, как правило, изменяется форма, размеры и состояние рабочих поверхностей деталей. В зависимости от условий работы одни детали изнашиваются быстрее, другие медленнее. Восстановление деталей машин обеспечивает экономию высококачественного материала, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, а также рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды. Для восстановления работоспособности изношенных деталей требуется в 5-8 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей. По некоторым данным изношенные детали восстанавливают при износе более 1 мм, т.е. их работоспособность восстанавливается при нанесении покрытия незначительной толщины.[5]

Одной из таких деталей является ротор различных электрических машин и генераторных установок, у которых в процессе эксплуатации наблюдается такой дефект, как износ контактных колец, выполняющих в системе обеспечение передачи приходящей энергии от источника для возбуждения системы через щеточный механизм, а затем преобразование энергии на регулирующую часть всей схемы.[1,2]

Контактные кольца стираются от механического износа и вследствие попадания технических жидкостей на поверхность (моторное масло и антифриз) из двигателя. Вследствие налипания на щетки частичек продуктов износа, которые с течением времени вырабатывают борозды в основном материале, провоцируя тем самым искрение и дополнительное разрушение целостности токопроводящих колец.

Все это вызывает такие неисправности как: скачки напряжения выражающиеся в мерцании освещения или сбоях функционирования приборов; специфический запах, где расположен генерирующий энергию модуль; искрение внутри блока; быстрый и неравномерный износ щеток узла; полное отсутствие признаков действия альтернатора.

Восстановление работоспособности данного узла электрической машины является актуальной задачей, в сравнении со стоимостью новой электрической машиной. К тому же большинство мобильной и стационарной техники, в которых применяются электрические машины данного типа либо не снабжаются изготовлением запасных частей завода изготовителя, либо стоят весьма внушительных средств, либо ожидают больших сроков поставки запасных частей, что приводит к простою техники и энергетических объектов в целом. Поэтому на сегодняшний день, восстановление работоспособности таких объектов в рамках ремонтного производства является актуальной задачей.

В настоящее время существует основной и, пожалуй, самый эффективный способ ремонта контактных колец ротора электрических машин – замена токосъемных колец на новые. Однако в силу вышеописанных факторов это осуществить весьма затруднительно, а в ряде случаев невозможно. В связи с этим ремонтное производство предлагает альтернативные способы восстановление работоспособности деталей машин. На сегодняшний день известны в основном гальванические (основаны на электрохимической реакции) способы восстановления деталей изготовленных из цветных материалов и сплавом. Все они в достаточной мере хорошо изучены и неплохо применяются на практике. Нами же предлагается, исходя из этого устранить данный дефект, связанный с износом контактных колец путем нанесения специально подготовленного состава на основе медного порошка методом холодного газодинамического напыления (ХГДН) и последующей механической обработки, с целью упрочнения и получения номинального размера восстанавливаемой

поверхности. Непосредственно сам метод ХГДН реализован на эффекте получения прочного металлического слоя при взаимодействии двухфазного сверхзвукового потока с поверхностью восстанавливаемой детали. Частицы присадочного порошка металла находящиеся в твёрдом состоянии, разгоняются потоком сжатого воздуха до скоростей 400-700 м/с и направляются на восстанавливаемую поверхность, образовывая при этом слой металла, компенсирующий при этом износ поверхности восстанавливаемой детали. При этом температура переносимых частиц, как правило, не превышает 100 градусов по шкале Цельсия. [3].

Таким образом, в силу описанного технологического процесса, и характера дефекта восстанавливаемой детали, а также альтернативных подходов, направленных на восстановление ресурса объекта ремонта, предлагается восстанавливать объекты ремонта более оперативно и своевременно, а так же с точки зрения экономической целесообразности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генераторы зарубежных автомобилей/Акимов А.В., Акимов С.В., Лейкин Л.П.- М.: Издательство «За рулем», 1998 - 80 с., ил. ISBN 5-85907-093-4
2. Макаричев Ю.А. М15 Синхронные машины: учеб. пособ./ Ю.А. Макаричев, В.Н. Овсянников. - Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011-152с.: ил.
3. Алхимов А.П., Косарев В.Ф., Папырин А.Н. Метод "холодного" газодинамического напыления//ДАН СССР. 1990. Т. 315. С. 1062-1065.
4. Бурумкулов Ф. Х., Лезин П. П., Сенин П. В., Иванов В. И., Величко, С. А., Ионов П. А. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов. Саранск: Красный октябрь, 2003. — 504 с.
5. Ельцов, В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: электронное учеб. пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 1 оптический диск.

УДК 621.43

## КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА СПОСОБА ПО РАЗНОСТИ РАСХОДОВ В СРАВНЕНИИ С ДАВЛЕНИЕМ КОНЦА СЖАТИЯ

А. Ю. Понизовский, канд. техн. наук[1]
Х.В. Фишер, доктор наук, профессор[2]
[1]*Новосибирский государственный аграрный университет*
[2]*Веймарский университет*

***Аннотация.*** В статье описывается наиболее популярные способы и методы оценки технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания. Приводится актуальность совершенствования существующих методов и средств, с помощь которых проводятся и выявляются изменения нормативных параметров вследствие эксплуатации мобильной технике. За прототип принят способ оценки технического состояния цилиндропоршневой группы поршневых двигателей внутреннего сгорания при работе двигателя в пусковом режиме без подачи топлива. Предложенный способ предполагает измерение расходов воздуха на впуске во впускном коллекторе и на выпуске в выпускном коллекторе и сравнение результата с результатом полученным общепринятым способом – замера «компрессии» в цилиндрах двигателя.

***Ключевые слова:*** мобильная техника, двигатель внутреннего сгорания, цилиндро-поршневая группа, мобильная техника, диагностика, картерные газы, расход воздуха

Известен способ оценки пневмоплотности каждого цилиндра по максимальному давлению такта сжатия, то есть по компрессии [1].

Суммарная методическая погрешность оценки ЦПГ по давлению в конце сжатия составляет 0,1- 0,18 МПа, что в переводе на относительные показатели в диапазоне изменения параметра 0,25 и 0,6 МПа, составляет соответственно 25 и 30%. При наличии такой ошибки, наряду с малой информативностью, данный метод можно отнести к разряду индикаторных.

Известны способы диагностирования цилиндропоршневой группы по расходу, давлению и пульсациям давления газов, прорывающихся в картер при работе двигателя на разных статических режимах [2,3].

Методы оценки состояния ЦПГ по расходу, давлению и по пульсациям давлений картерных газов имеет недостаточную точность и разрешающую способность диагностического параметра.

Известен способ оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания [4]. В нём изложен способ оценки состояния цилиндропоршневой группы дизельных двигателей по измерению расходов воздуха в пусковом режиме без подачи топлива.

Данный способ состоит в том, что производят замер расхода воздуха на впуске и выпуске. Полученное значение сравнивают с нормативным, в результате чего делают оценку состояния ЦПГ двигателя.

Известен, принятый за прототип способ [5].

Чувствительность предложенного способа оцениванием в сравнении с базовым способом (давление конца такта сжатия – компрессия) оценки технического состояния ЦПГ. Введем понятие – относительное изменение диагностического параметра в зависимости от изменения состояния контролируемого сопряжения

$$\Delta_P = \frac{P_I}{P_H}, \qquad (1)$$

где $\Delta_P$ – разность давления конца такта сжатия;

$P_H$ – нормативное давление;

$P_I$ – индикаторное давление.

$$\Delta_Q = \frac{Q_I}{Q_H}, \qquad (2)$$

где $\Delta_Q$ – разность расхода газов;

$Q_H$ – нормативный расход газов;

$Q_I$ – индикаторный расход газов.

В качестве структурного параметра состояния цилиндро-поршневой группы принимаем величину относительной неплотности – «S».

В источнике [3] предложена зависимость давления конца такта сжатия в общем виде в зависимости от комплекса факторов:

$$P_c = \alpha \cdot \rho \cdot \varpi^{в} \cdot \eta^{2-в} \cdot S^{в-1}. \qquad (3)$$

Принимая постоянными значения $\alpha, \rho, \varpi, \eta$, имеем:

$$P_c = A \cdot S^{в-1}. \qquad (4)$$

Разность расхода газов определяется формулой:

$$\Delta Q = \psi \cdot S \cdot \sqrt{2g \cdot \overline{P_c}}. \qquad (5)$$

Принимая $\psi \cdot \sqrt{2g} = C$, и учитывая уравнение (5) имеем:

$$\Delta Q = C \cdot S \cdot \left(A \cdot S^{в-1}\right)^{\frac{1}{2}}. \qquad (6)$$

Приняв $C \cdot A^{\frac{1}{2}} = B$, получим:

$$\Delta Q = B \cdot S^{\frac{1+в}{2}} \quad . \tag{7}$$

Оценка предлагаемого способа в сравнении с базовым (контроль по давлению конца сжатия) может быть осуществлена по оценке чувствительности.

Чувствительность рассматриваемых способов (реакция на величину неплотностей) может быть оценена по выражениям:

– по разности расходов воздуха (предлагаемый способ)

$$\Delta_Q = \left( \frac{S_o}{S_i} \right)^{\frac{в+1}{2}}, \tag{8}$$

– по давлению конца сжатия (базовый способ для сравнения)

$$\Delta_{Pc} = \left( \frac{S_o}{S_i} \right)^{в-1}, \tag{9}$$

где $S_o, S_i$ – соответственно значения неплотностей нормативной и в текущий момент контроля;

– по отношению способа "разности расходов воздуха" к способу "давление конца сжатия"

$$\frac{\Delta_Q}{\Delta_{Pc}} = \left( \frac{S_i}{S_o} \right)^{\frac{3в-1}{2}} . \tag{10}$$

На основе выражений (8-10) можно проанализировать преимущества рассматриваемых способов. Результаты сравнительных расчетов при значении $в \approx 3/4$ (ориентировочное значение по результатам предварительных экспериментальных исследований приведены на рис. 1). Из графиков рисунка видно, что показатель " разности расходов воздуха" имеет большую информативность (кривая 1), чем показатель "давление конца сжатия" (кривая 2), по которым можно оценивать техническое состояние ЦПГ двигателя. Относительная чувствительность $\Delta Q/\Delta P_c$ (кривая 3) меняется от 1,2 (при неплотности 2 мм$^2$) до 1,4 (при неплотности 4 мм$^2$).

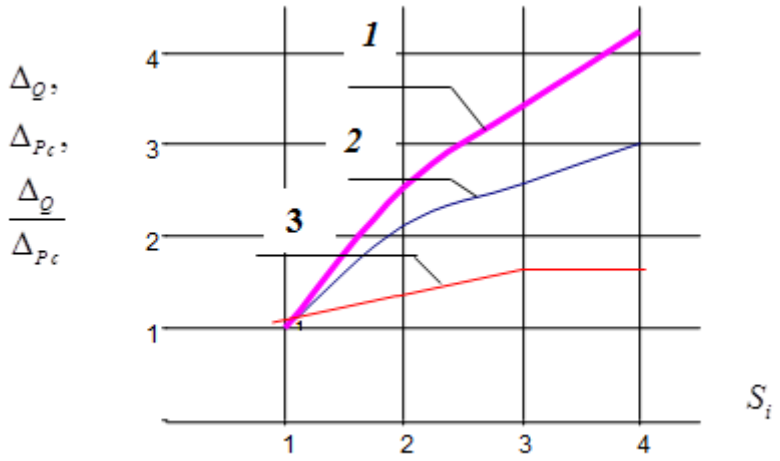



Рис. 1 Чувствительность (реакция диагностических параметров на величину неплотности ЦПГ) способов

Таким образом, показано, что чувствительность предложенного способа оценки по разности расходов воздуха на впуске и выпуске выше, чем по давлению конца такта сжатия, что говорит о целесообразности его применения для диагностирования двигателей внутреннего сгорания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. Бельских В.И. Диагностика технического состояния и регулировка тракторов. – М.: Колос, 1973, стр. 118.
2. Колчин А.В. Новые средства и методы диагностирования автотракторных двигателей. – М.: Колос, 1982, стр. 29-30.
3. Терских И.П. Диагностика технического состояния тракторов. – Иркутск, 1975, стр. 100.
4. Способ оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания. Понизовский А.Ю., Воронин Д.М., Малышко. Патент РФ №2336513, от 20.10.2008.
5. Понизовский А.Ю., Воронин Д.М. Способ оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания. Механизация и электрификация сельского хозяйства №2, 2009 г.



УДК 621.313.333


## ДИГНОСТИКА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ШАРИКА


С. В. Светличный, старший преподаватель
*Дальневосточный государственный аграрный университет*



***Аннотация.*** В статье рассмотрены некоторые факторы, влияющие на надежную эксплуатацию асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором в приводах сельскохозяйственных механизмов. Предложен метод диагностики неисправности обмоток статора асинхронного двигателя вращающимся шариком в магнитном поле.



***Ключевые слова:*** эксплуатация, надежность, диагностика, повреждения двигателя, вероятность отказов, вращающийся шарик, межвитковое замыкание.


Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором – самые распространенные электрические машины – они применяются для работы компрессоров, станков, зернодробилок, бетономешалок, транспортеров, лебедок, лифтов и других многочисленных рабочих механизмов.

Преимущества асинхронных двигателей:

1. Низкая стоимость.
2. Эксплуатационная надежность.
3. Устойчивость к перегрузкам.
4. Хорошие энергетические показатели.

Благодаря этому достоинству они применяются в сельскохозяйственных производствах, коммунальном хозяйстве транспорте и других отраслях промышленности [1].

Исследования характеров неисправностей двигателей переменного тока позволили получить следующий результат:

- Неисправность статора - 38%
- Неисправность ротора - 10%
- Неисправность подшипников - 40%
- Другие неисправности - 12%.




Рисунок 1 – Диаграмма неисправностей асинхронного двигателя [2].

При работе на предприятиях сельского хозяйства асинхронные двигатели подвергаются воздействию многих неблагоприятных факторов:

- Повышенная влажность.
- Наличие в воздухе агрессивных газов.
- Технологические перегрузки.
- Неполнофазные режимы работы.
- Колебания напряжения питающей сети.
- Низкое качество электрической энергии [3].

Работа асинхронного двигателя связана с элементами электроприводов рабочих механизмов, которые могут выйти из строя, а это приводит к перегрузке всего механизма технологического процесса. Важную роль играет состояние изоляции электродвигателя и ее нарушение приводит к короткому замыканию между витками обмотки двигателя.

Причины неисправностей статора:

- Перегрузка двигателя, вызванная неисправностями в транспортере, редукторе,
- Заклинивание подшипника,
- Брак при изготовлении электродвигателя на заводе,
- Хранение во влажных помещениях,
- Эксплуатация некачественным напряжением.

Целостность сопротивления изоляции от замыкания на корпус определяют с помощью мегомметра - оно должно быть одинаковым во всех обмотках. Для определения межвиткового замыкания в обмотках электродвигателя можно использовать свойство трёхфазной обмотки статора создавать круговое вращающееся магнитное поле с применением металлического шарика, с помощью которого можно определить место неисправности.

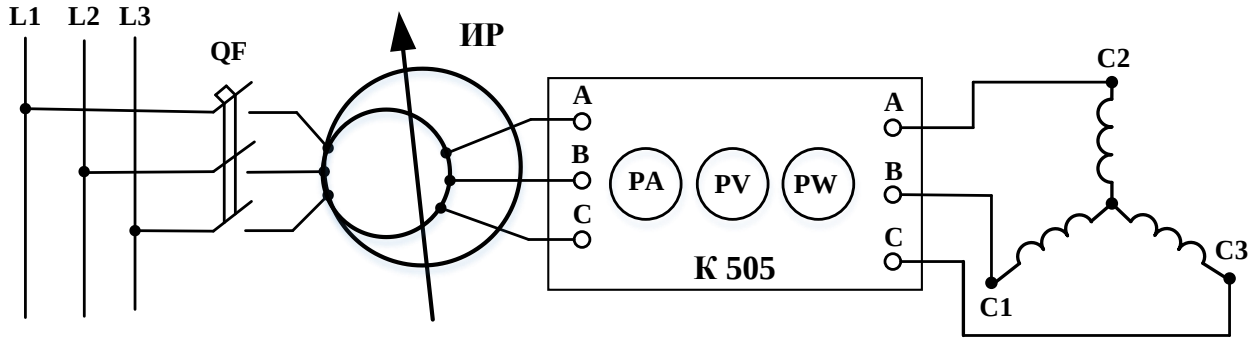



Рисунок 2 – Схема подключения обмотки статора к сети переменного тока

Данный метод диагностики неисправности обмоток статора асинхронного двигателя основан на получении кругового вращающегося электромагнитного поля, создаваемого исправными обмотками статора. Для проведения проверки сначала нужно извлечь ротор из двигателя. Затем нужно проверить симметрию напряжения по фазам с помощью измерительного комплекта К-505. На обмотки статора подаем пониженное напряжение 30 – 50В с помощью индукционного регулятора, построенного на базе двигателя с фазным ротором, заторможенным червячной передачей.

При включении напряжения на статоре образуется вращающееся магнитное поле, которое при помещении внутрь шарика заставит его вращаться синхронно с этим полем. Если же шарик в какой-то момент времени остановится («залипнет») – значит в этом месте замыкание витков исследуемой обмотки.

Для проведения эксперимента был использован асинхронный двигатель типа АИР100S4У3; Δ/Y; 220/380; 3 кВт; 11,4/6,6А; 1430 мин-1; η = 83%; Cosφ = 0,8. Сначала извлекаем ротор с подшипниками, затем на обмотку статора подаем пониженное напряжение не более 50 вольт, так как ток холостого хода может составлять от 20 до 80 % от номинального, что приведет к перегреву обмотки статора.

После включения напряжения стальной шарик вбрасывался в воздушный зазор с вращающимся магнитным полем. Если шарик начинает синхронно вращаться без остановок – это значит, что межвиткового замыкания в обмотке статора нет. Если шарик сначала начинает вращаться, а затем останавливается, то, место его остановки указывает на наличие межвиткового замыкания в обмотке статора, то есть он примагничивается («залипает») в месте неисправности. Продолжительность эксперимента не более 20-30сек.

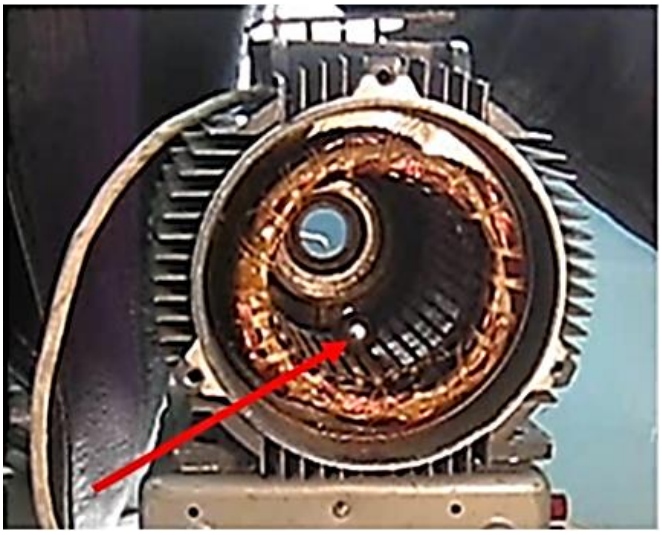


Рисунок 3 – Фрагмент видеофайла «Вращающееся магнитное поле»:
– «залипание» шарика в месте межвиткового замыкания в обмотке статора

Представленные фотографии выполнены с видео, выполненного в ходе эксперимента. При эксплуатации асинхронного двигателя и качественного его использования нужно применять различные методы диагностики, которые постоянно совершенствуются и обновляются, а это приведет к улучшению экономической эффективности использования технологического оборудования [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдберг, О.Д. Надежность электрических машин / О.Д. Гольдберг, С.П. Хелемская; под ред. О.Д. Гольдберга. — М. : Издательский центр «Академия», 2010. — 288 с.
2. Диагностика асинхронных двигателей. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://studwood.ru/1711089/tehnika/diagnostika_asinhronnyh_dvigateley. (дата обращения: 23.03.2022)
3. Коробков И.Ф., Шилова Т.В. Особенности эксплуатации асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве. Журнал Вестник НГИЭИ. 2011. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ekspluatatsii-elektrodvigateley-v-selskom-hozyaystve (дата обращения: 25.03.2022)
4. Как проверить асинхронный двигатель на межвитковое замыкание: Межвитковое замыкание обмоток электродвигателя: признаки и способы определения. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://furniture-good.ru/raznoe/kak-proverit-asinhronnyj-dvigatel-na-mezhvitkovoe-zamykanie-mezhvitkovoe-zamykanie-obmotok-elektrodvigatelya-priznaki-i-sposoby-opredeleniya.html (дата обращения: 27.03.2022)

УДК 631.173

# ЭЛЕКТРОННОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ПОСТАНОВКИ НА ХРАНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

И.А. Уско, студент
А.А. Долгушин, д-р. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье изложен подход к автоматизированной разработке технологических карт постановки сельскохозяйственной техники на длительное хранение, определены критерии выбора технологических операций, представлено краткое описание разработанного электронного приложения и фрагмент диалогового окна программы, намечены пути дальнейшего совершенствования программы.

***Ключевые слова:*** длительное хранение, технологическая карта, цифровые технологии.

Нормативно техническая документация является важной составляющей системы технической эксплуатации сельскохозяйственной техники. В частности, к ней относятся технологические карты постановки техники на длительное хранение. В технической документации к определенной сельскохозяйственной технике, производители зачастую указывают не полную технологическую карту по ее постановке на хранение в длительный период, нередки случаи, когда данный пункт в ней полностью отсутствует, особенно это касается техники иностранного производства. В силу данного обстоятельства оперирование такой документацией, в том числе ее систематизация и подбор подразумевает значительные временные затраты, а также дополнительные сложности для специалистов, что обусловливает отсутствие как такового регламента по хранению сельскохозяйственной техники у множества предприятий в России, что приводит к неизбежному снижению качества ее обслуживания и последующему повышению затрат.

В сложившейся ситуации наблюдается актуальность разработки компьютерного программного обеспечения, которое позволит специалистам на предприятиях агропромышленного комплекса составлять технологические карты постановки различной сельскохозяйственной техники на длительное хранение с учетом ее конструктивных особенностей, рекомендаций производителя, а также ГОСТ 7751-2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения.», что позволит предотвратить последующие затраты вследствие их несоблюдения [1].

Актуальность рассматриваемой тематики подтверждается ключевыми направлениями из приказа министерства сельского хозяйства Российской Федерации «О концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК Российской Федерации на период до 2025 года» [2]. Прежде всего, в области механизации сельского хозяйства данный приказ предполагает разработку технологий эффективного использования машин, разработку технических регламентов и национальных стандартов и т.п. [2]. Кроме того, необходимость разработки данного программного обеспечения также обусловлена обеспечением сохраняемости основных узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники, особенно при длительном хранении на открытых площадках в суровых климатических условиях, к которым можно отнести и Новосибирскую область [3,4].

Исходя из проведенного анализа, было разработано программное обеспечение, функционал которого позволяет без каких-либо усилий предоставить пользователю технологическую карту постановки на длительное хранение сельскохозяйственной техники с учетом ее модели и типа, конструктивных особенностей и технических характеристик.

Концептуально, программное составление технологических карт производится путем сопоставления двух блоков информации. Первый содержит в себе введенную пользователем информацию, это тип техники, модель и в случае с примером (рис.1) некоторые

дополнительные характеристики, влияющие в данном случае на объем затрачиваемых ресурсов, инструментов и материалов и т.п. Второй блок является списком, состоящим из отдельных технологических операций постановки машин на длительное хранение, взятых из ГОСТ 7751-2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения.», а также технической информации, изложенной в руководстве по эксплуатации машины [1]. Каждой из операций изначально присвоена своя программная значимость, от которой зависит ее верное расположение в технологической карте, наравне с этим, операциям присвоена применимость к выбираемым вариантам из первой части. Таким образом, программа сравнивает введенную информацию с имеющейся, затем распределяет подходящие операции в верном порядке и формирует из полученного списка таблицу, которую впоследствии выводит пользователю в следующем окне после главного (рис. 2).

Примеры критериев, на основании выбора которых пользователь получит технологическую карту постановки на хранение на примере сеялки Vaderstad Seed Hawk 1220-14, представлены на рис. 1. Важно понимать, что данное программное обеспечение находится на стадии разработки, соответственно данные для ввода информации, а также технологические операции, соответствующие введенным данным, могут быть неполными.

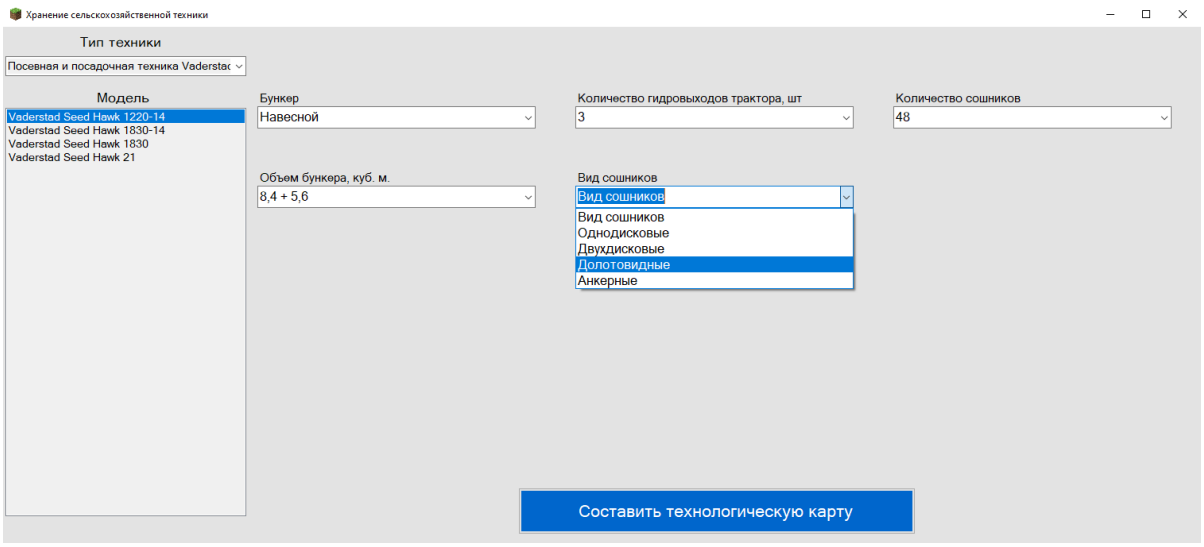



Рисунок 1. Главное меню разрабатываемого приложения.

Для начала работы, пользователю необходимо указать в левой части тип и модель сельскохозяйственной техники, после чего появляются дополнительные комбинированные списки, относящиеся к выбранному типу и модели техники. В них необходимо указать дополнительную информацию о выбранной модели при наличии таковой, после чего нажать левой кнопкой мыши на кнопку «Построить технологическую карту», в этот момент приложение соотносит выбранные параметры с имеющимися технологическими операциями, сортирует их в верной последовательности и формирует таблицу (рис. 2).

Хранение сельскохозяйственной техники

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Очистка комплекса от пыли, грязи и растительных остатков. Очистка резервуаров, трубо- и тукопроводов, баков и дозаторов, загрузочного шнека, компонентов системы дозирования. | Не допускается наличие различных остатков. Мойку производить распыленной струей воды под давлением. Если бункер промывался, то просушить систему. **Очистку проводить до полного удаления остатков.** | Ветошь, компрессор, щётка |
| 2 | Очистить гидравлические клапаны, находящиеся в гидравлическом блоке. | Некоторые клапаны можно разобрать для дополнительного доступа к чистке. | Набор ключей, ветошь, щетка |
| 3 | Подтянуть неплотные соединения гидроцилиндров, **покрыть смазкой гидроцилиндры и штоки.** | Гидроцилиндры покрыть тонким слоем смазки. | Набор ключей, техническая смазка. |
| 4 | Слить масло из Гидравлической возвратной линии. | | Емкость для отработки, набор ключей. |
| 5 | Снять, промыть (если требуется),сдать на склад все фильтрующие элементы комплекса. | | |
| 6 | Смазать либо заменить набивку: | | Тех. смазка. |
| | -Ступицы колес главной рамы | | |
| | -Ступицы колес крыльев | | |
| | -Ступицы прикатывающих колес | | |
| | -Точки шарниров крыла | | |
| 7 | Накрыть либо снять семяпроводы непрозрачной плёнкой для защиты от солнечных лучей | Не допускается попадание солнечных лучей на семяпроводы. При снятии хранить отдельно в сухом закрытом помещении. Бункеры также можно накрыть пленкой. | Непрозрачная водоотталкивающая пленка. |
| 8 | Закрыть все люки, через которые может попасть влага. Открыть все дренажные пробки, отверстия, задвижки и заглушки, способствующие естественному удалению жидкости. | Не допускается попадание влаги внутрь комплекса. | |
| 9 | Установить комплекс на подставки в специально отведенной ровной площадке хранения. | Хранить орудия под собственным весом возможно лишь при их размещении на ровном бетонном покрытии. Не допускается соприкосновение колес с поверхностью. | Подставки, домкрат |
| 10 | Покрыть покрышки колес защитным составом. | Защитные составы наносить на сухие и предварительно очищенные поверхности ровным слоем. | Серебрянка, олифа. |

Рисунок 2. Технологическая карта постановки на хранение посевного комплекса Vaderstad Seed Hawk 1220-14, составленная приложением.

Вывод

Как уже было отмечено, разработка, модернизация и внедрение инновационных цифровых решений для предприятий агропромышленного комплекса является важной научно-производственной задачей. Цифровые технологии позволяют значительно сократить потребность сельскохозяйственных организаций в различных видах ресурсов. Разработанное авторами программное обеспечение позволит автоматизировать процесс разработки технологических процессов постановки сельскохозяйственной техники на длительное

хранение, повысит производительность труда на сельскохозяйственных предприятиях, а также сократит существующие эксплуатационные затраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 7751-2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации протокол от 11 июня 2009 г. N 35: дата введения 2011-05-01.

2. О Концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года / Приказ Минсельхоза России от 25 июня 2007 г. № 342..

3. Долгушин А.А. Оперативный контроль технического состояния топливной аппаратуры дизельных двигателей: дис. … канд. техн. наук / А.А. Долгушин. – Новосибирск, 2004. – 121 с

4. Долгушин А.А. Рекуперация теплоты отработавших газов двигателя автомобиля А.А. Долгушин, Д.М. Воронин, Ю.А. Гуськов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 87-90.

5. Вартанова М.Л. Перспективы цифровизации сельского хозяйства как приоритетного направления импортозамещения / М.Л. Вартанова, Е.В. Дробот // Экономические отношения. – 2018 – Том 8 – № 1 – С. 1-18.

6. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» [Текст]: официальное издание. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 48 с.

7. Федоров А. Г. Организация технического обслуживания грузовых автомобилей с использованием интегрированной электронной нормативно технической полнокомплектной документации и индивидуального прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов: дис. к-та тех. наук / А. Г. Федоров. – 2018 г. – 212 с.

УДК 623.4.011

## ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ДЛЯ ВЫСТАВКИ ПОДДЕРЖИВАЮЩЕГО КАТКА БМП-2

А.Н. Черненко, А.В. Дубина, С. Пхенгпхачан
*Новосибирское высшее военное командное училище*

***Аннотация.*** В данной статье рассмотрен вопрос совершенствования технологического процесса выставки поддерживающего катка БМП при его замене или ремонте, исключающего деформацию и разрушение резиновой шины поддерживающего катка при перематывании гусеничной ленты. Недостатком существующего способа выставки является сложность определения середины ведущего колеса, так как его ступица является отливкой, не имеющей четко выраженной середины, кроме того, при данном способе необходим демонтаж гусеничной ленты для установки нити.

***Ключевые слова:*** выставка, поддерживающий каток, БМП.

При замене (ремонте) поддерживающих катков, в соответствие с техническими требованиями на их монтаж [1], производится выставка катков относительно гребней траков, исключающая деформацию и разрушение резиновой шины поддерживающего катка при перематывании гусеничной ленты.

Выставка, согласно требованиям руководства по ремонту (Боевая машина пехоты БМП-2. Руководства по войсковому ремонту. Часть 1 Замена и ремонт сборочных единиц. Москва, Военное издательство, 2001, С. 36-38), осуществляется (рис.1) по нити 4, проведенной через оси симметрии направляющего 5 и ведущего 1 колес так, чтобы

плоскость симметрии поддерживающего катка 2 отклонялась от этой средней линии не более чем на 3 мм, что регулируется установкой прокладок под основание кронштейна поддерживающего катка и количество прокладок допускается не более 6. Для точной выставки катка, при отливке его резиновой шины, в форме выполнена проточка, обеспечивающая бороздку [2] на поверхности резиновой шины точно по середине, используемой для измерения отклонения от нити.

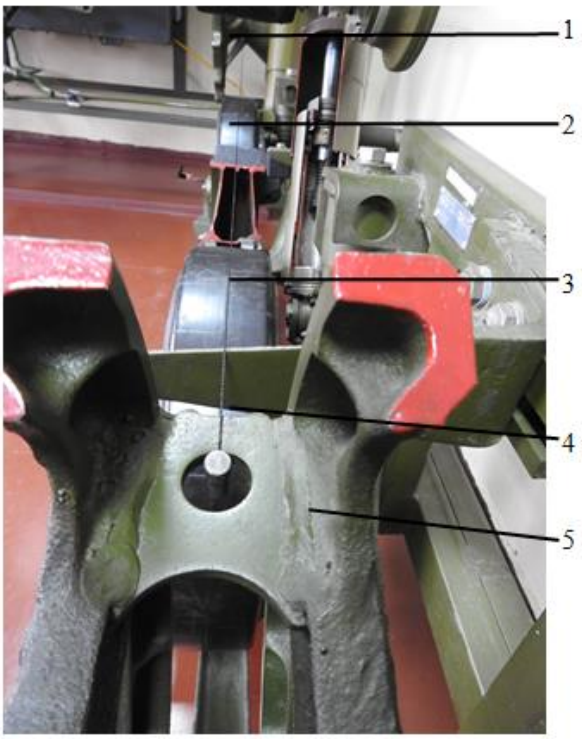



Рисунок 1 – Выставка поддерживающего катка по нити

Недостатком данного способа является сложность определения середины между зубьями ведущего колеса, так как его ступица является отливкой и не имеет четко выраженной середины. Кроме того, при данном способе необходим демонтаж гусеничной ленты для установки нити на несколько миллиметров выше резиновой шины поддерживающих катков, для обеспечения измерение отклонения середины катка от нити и определения необходимого количества прокладок при выставке каждого катка.

Целью предлагаемого технического решения является устранение вышеуказанного недостатка в измерении. Поставленная задача достигается приспособлением, обеспечивающим определение расстояния от борта машины до середины направляющего колеса и выставкой середины поддерживающего катка в соответствие с данным расстоянием.

Предлагаемое приспособление (рис.2) состоит из стойки 6, движка 7, указателя 8, основания 9, втулки 10.

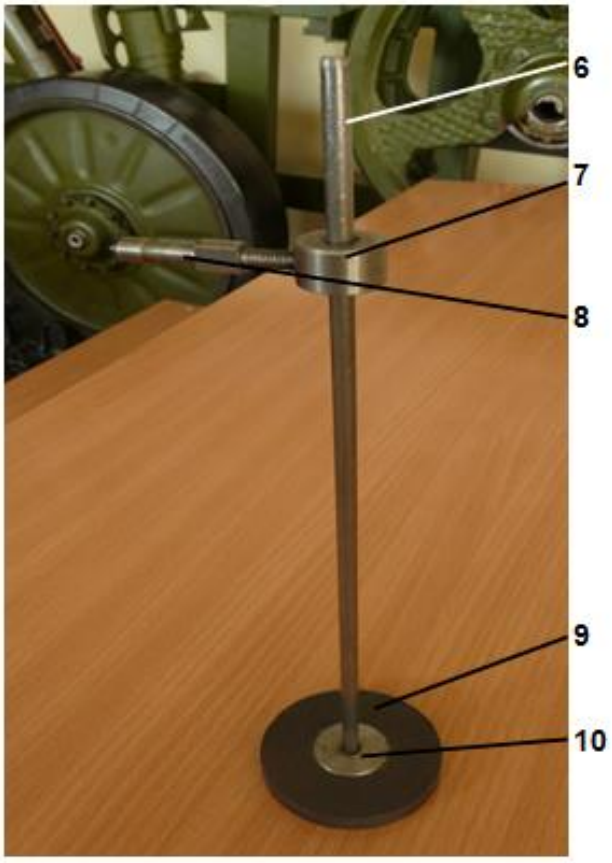



Рисунок 2 – Приспособление для выставки поддерживающего катка

Основание 9 представляет собой магнит цилиндрической формы диаметром 50 мм и высотой 10 мм, обеспечивающий надежное закрепление (примагничиванием) основания к борту машины, т.е. горизонтальное положение приспособления. В центре основания выполнено сверление, в которое с тугой посадкой запрессована металлическая втулка 10 с резьбовым отверстием посередине, в которую ввернута металлическая стойка 6 в виде стержня диаметром 10 мм. По стойке перемещается цилиндрической формы движок 7, имеющий в боковой поверхности сквозное резьбовое отверстие, в которое ввернут указатель 8 с заостренным концом, обеспечивающий как определение расстояния от борта машины до середины направляющего колеса и поддерживающего катка, так и фиксацию движка в любом промежуточном положении вворачиванием указателя.

Порядок использования приспособления:

- прикрепив (рис.3) к борту машины 11 основание 9 приспособления, передвинуть движок 7 на расстояние, при котором острие указателя 8 направлено на середину направляющего колеса 5 и зафиксировать движок вворачиванием указателя;

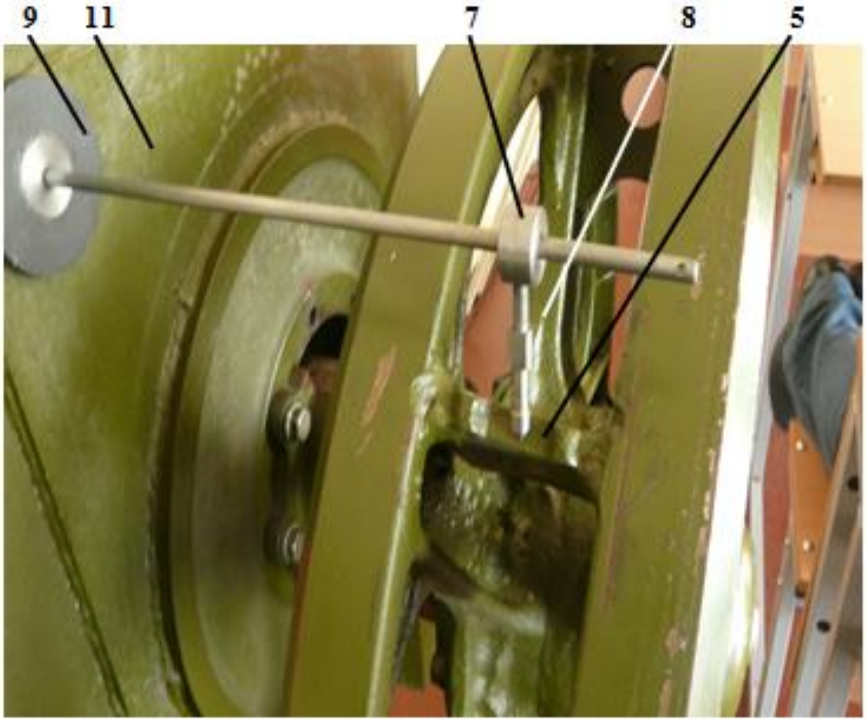



Рисунок 3 – Определение расстояния
от борта до середины направляющего колеса

- переместив приспособление (рис.4), установить его на борту машины рядом с устанавливаемым поддерживающим катком и, приставив кронштейн 12 в сборе с поддерживающим катком к борту машины, направить острие указателя 8 на резиновую шину 13 катка;

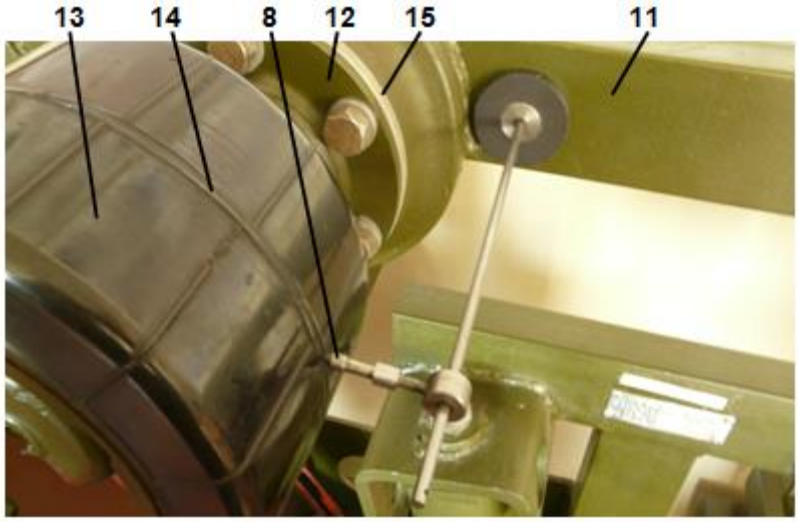



Рисунок 4 – Выставка середины поддерживающего катка
по измеренному расстоянию

- расстояние между острием указателя и серединой 14 резиновой шины катка (буртиком) дает толщину прокладок 15, устанавливаемых под основание кронштейна [3] при выставке поддерживающего катка;

- установив прокладки, закрепить кронштейн в сборе с поддерживающим катком на борту машины.

Таким образом, предлагаемое техническое решение обеспечивает:
- простоту выставки поддерживающего катка и контроля правильности его установки;
- снижение трудоемкости замены поддерживающего катка;
- простоту подбора регулировочных прокладок;
- возможность выставки поддерживающего катка без снятия гусеничной ленты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боевая машина пехоты БМП-2. Руководство по войсковому ремонту. Часть 1. Замена и ремонт сборочный единиц – М.: Военное издательство, 2001. – С. 34-37.

2. Каталог деталей и сборочных единиц объекта 675. – М.: Военное издательство, 1983 – С. 314-322.

3. Боевая машина пехоты БМП-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: Военное издательство, 1988, – С. 101-102.

УДК 629.114.2.004.54

# МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ ПОТЕРЬ ТОПЛИВНО-СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ТРАКТОРОВ

М.В. Чубарева, канд.техн.наук, доцент
*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского*

***Аннотация.*** При выполнении операций технического обслуживания (ТО) тракторов потери топливно-смазочных материалов может составлять 2-5 литров на 100 литров заправляемых рабочих жидкостей. Целью исследования – разработка методики контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов. Методика контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов заключается в том, что определяют экологическую безопасность технического обслуживания тракторов на основе учета топливно-смазочных материалов. По массе рабочих жидкостей на экране и дополнительных фиксирующих листах определяют количество потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов, а также экологическую безопасность выполнения операций технического обслуживания тракторов. Анализируя результаты исследования, можно сказать, что ТСМ в центре пятна в виде жидкости после выдержки из отработанного масла не наблюдаются у пятен объемом 4, 8 и 12 мл.; из свежего масла – 4 и 8 мл. Дизельное топливо впитывается в экран в течение первого часа выдержки, поэтому ТСМ в центре пятна не наблюдается в течение последующих часов. Пятна из отработанного и свежего масла с объемами свыше 16 мл после 8-часовой выдержки имеют лужи масла и окончательно впитываются только после суток выдержки. Методика предназначена для учета ТСМ в сельскохозяйственных предприятиях, а также может быть осуществлена в гаражных условиях.

***Ключевые слова:*** топливно-смазочные материалы, масло, техническое обслуживание, тракторы.

**Введение.**

При выполнении операций технического обслуживания (ТО) тракторов потери топливно-смазочных материалов может составлять 2-5 литров на 100 литров заправляемых рабочих жидкостей. Потери ТСМ могут происходить при следующих операциях ТО тракторов: долив масла в картер двигателя; слив масла из картера двигателя; слив отстоя из топливных фильтров грубой и тонкой очистки; слив отстоя из топливных баков; очистка и мойка ротора центробежного масляного фильтра дизеля; очистка и мойка фильтра грубой очистки топлива и т.д. [1, 2, 4].

Потери ТСМ при ТО тракторов недопустимы. Однако осуществить это сложно по следующим причинам: недостаточная надёжность устройств для выполнения операций ТО; недостаточная приспособленность тракторов к проведению ТО; низкая техническая культура специалистов, которые проводят ТО тракторов; несоответствие параметров условий труда оптимальным показателям. Поэтому контроль потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов является актуальной задачей.

Целью исследования – разработка методики контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов.

**Методы и материалы исследования.**

Методика контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов заключается в том, что определяют экологическую безопасность технического обслуживания тракторов на основе учета топливно-смазочных материалов. Она предназначена для учета ТСМ в сельскохозяйственных предприятиях.

Методика состоит в следующем. При выполнении операций технического облуживания тракторов потери топливно-смазочных материалов фиксируют на многослойных листах (экранах), в состав которых входят листы ватмана формата А1 и чертежная калька. После попадания ТСМ на листы производят оценку массы материалов на экране. Причем массу экрана измеряют до проведения ТО. Применение дополнительных фиксирующих листов позволяет более полно учесть материал, что предотвращает его просачивание сквозь экран или попадание на обувь и одежду оператора. Многослойность экрана дает возможность более точно учесть количество ТСМ, проливаемого при обслуживании трактора (рис. 1) [3].

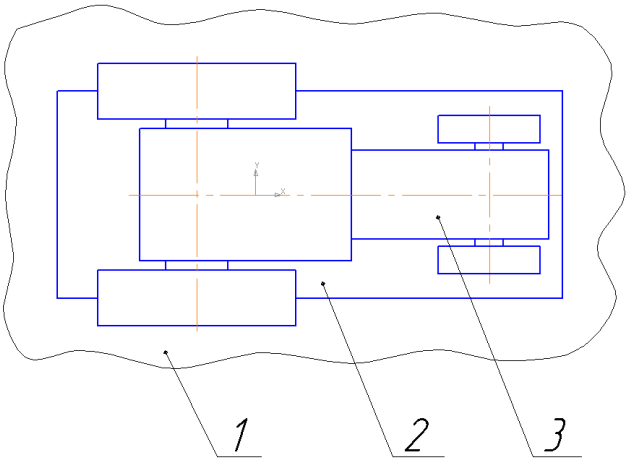



Рисунок 1 – Схема экрана для фиксации потерь ТСМ при ТО тракторов (вид сверху на обслуживаемый трактор, под которым размещен экран)

На рисунке 1 показана методика контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов. Эта методика может быть осуществлена в гаражных условиях следующим образом. Устанавливают трактор 3 на основание 1. Под трактор помещают экран 2 с возможностью фиксации топливно-смазочных материалов, попадающих на него в процессе обслуживания. Фиксирующая поверхность экрана 2 выполнена из отдельных листов ватмана формата А1 и листа чертежной кальки (рис. 2).

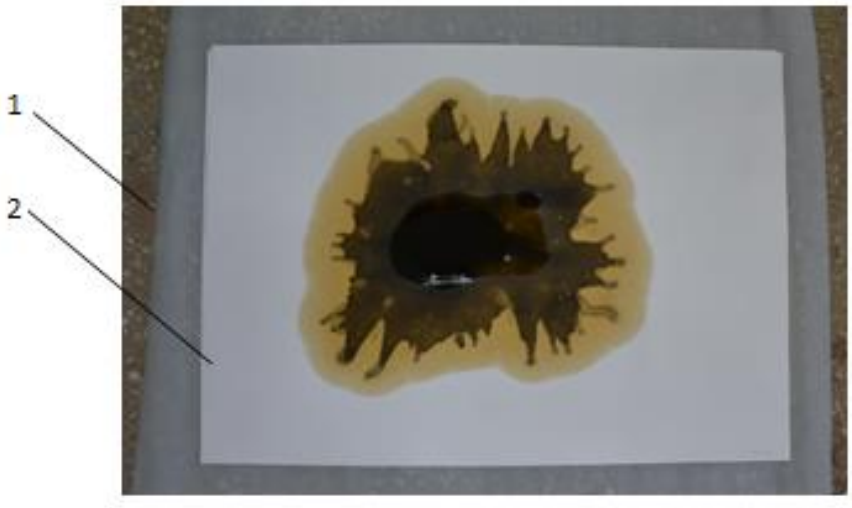



Рисунок 2 – Экран для фиксации ТСМ: 1– чертежная калька; 2 – несколько листов ватмана формата А1

Предварительно взвешивают экран 2 (рис. 3), а также дополнительные фиксирующие листы.



Рисунок 3 – Взвешивание экрана на весах

Для взвешивания экранов использовали весы ВК-600, диаметр площадки которой составляет 120 мм. Поэтому взвешивание экранов можно проводить только вертикально с герметичной подкладкой (рис. 3). Максимальное количество ватманов (экранов) одновременно взвешиваемых на весах составило 5 шт.

Далее проводят техническое обслуживание трактора. Экраны размещают на поверхности пола мастерской в соответствии со схемой, показанной на рис. 4.




Рисунок 4 – Схема размещения экранов для контроля потерь ТСМ
у трактора МТЗ-80

В случае попадания на экран 2 достаточно большого количества материала удаляют с экрана 2 те листы, на которых в наибольшей степени этот материал зафиксирован. Взамен каждого удаленного листа на экран кладут дополнительные, причем заранее взвешенные листы. После обслуживания вновь взвешивают экран 2, а также дополнительные фиксирующие листы, причем как использованные, так и неиспользованные. В завершение производят оценку массы материалов на экране и дополнительных фиксирующих листах по формуле 1.

$$Q_M = (Q_{ЭК} - Q_{ЭН}) + \sum_{i=1}^{n}(Q_{ЛКi} - Q_{ЛНi}), \qquad (1)$$

где $Q_M$ – масса топливно-смазочных материалов на экране и дополнительных фиксирующих листах при выполнении технического обслуживания машины;
$Q_{ЭК}, Q_{ЭН}$ – масса экрана до и после проведения обслуживания;
$Q_{ЛКi}, Q_{ЛНi}$ – масса дополнительных фиксирующих $i$-тых листов до и после использования;
$n$ - число дополнительных фиксирующих $i$-тых листов [3].

По массе рабочих жидкостей на экране и дополнительных фиксирующих листах определяют количество потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов, а также экологическую безопасность выполнения операций технического обслуживания тракторов.

**Результаты и обсуждение.**

Представим в таблице 1 свойства, методы и критерии контроля потерь ТСМ при ТО тракторов [2, 4].

*Таблица 1*

Проверяемые свойства, методы их проверки и критерии функционирования объектов

| Наименование свойств, подлежащих проверке | Методы проверки | Критерии функционирования |
|---|---|---|
| Способ определения количества ТСМ по изменению массы экрана | | |
| 1. Возможность фиксации на экране всего количества проливаемых ТСМ | Испытание, наблюдение | Отсутствие ТСМ на поверхности составных частей обслуживаемой машины, а также отсутствие пролива ТСМ помимо экрана |
| 2. Возможность взвешивания экрана на весах | Испытание, наблюдение | Экран после несложной подготовки размещается на весах |

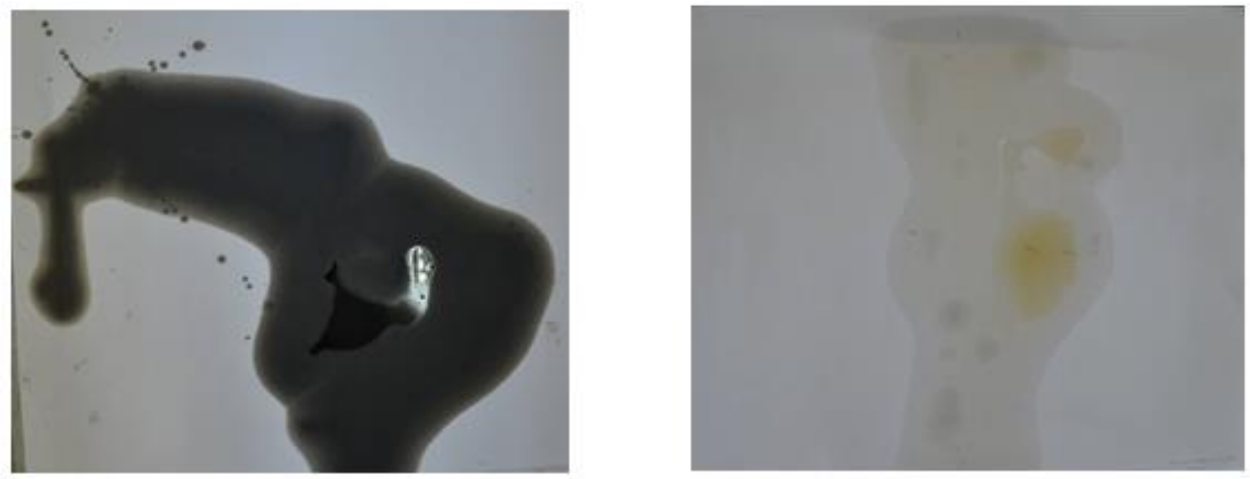
Результаты определения потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов методом взвешивания представлены в табл. 2.

*Таблица 2*

Результаты наблюдения ТСМ в центре пятна в виде жидкости после выдержки

| Наименование материала | Объем капли, мл | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 |
| Отработанное масло | - | - | - | + | + | + | + | + |
| Свежее масло | - | - | + | + | + | + | + | + |
| Дизельное масло | - | - | - | - | - | - | - | - |

Анализируя табл. 2, можно сказать, что ТСМ в центре пятна в виде жидкости после выдержки из отработанного масла не наблюдаются у пятен объемом 4, 8 и 12 мл.; из свежего масла – 4 и 8 мл. Дизельное топливо впитывается в экран в течение первого часа выдержки, поэтому ТСМ в центре пятна не наблюдается в течение последующих часов. Пятна из отработанного и свежего масла с объемами свыше 16 мл после 8-часовой выдержки имеют лужи масла, изображенные на рис. 5 а, б, и окончательно впитываются только после суток выдержки.



а б

Рисунок 5 – Иллюстрация наблюдения ТСМ в центре пятна в виде жидкости после выдержки: а – отработанное масло; б – новое масло

После чего получилась следующая сводная таблица результатов взвешивания экранов при контроле потерь ТСМ (табл. 3).

*Таблица 3*

Сводная таблица показателей по способам определения количества ТСМ на экране

| Показатели | Способы определения количества ТСМ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | по удельной массе материала в пятне на экране | | | по изменению массы экрана | | |
| | Отработанное масло | Свежее масло | Дизельное топливо | Отработанное масло | Свежее масло | Дизельное топливо |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Продолжительность выдержки пятна, ч. | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Герметичность экрана | наблюдаются следы ТСМ на втором слое экрана | | | | | |
| Возможность измерения площади пятна после его выдержки | прибор формата А4 не накрывает площадь пятна | | | | | |
| Удельная масса *i*-того материала в пятне | $145{,}3\times 10^{-3}$ | $172{,}7\times 10^{-3}$ | $82{,}3\times 10^{-3}$ | - | - | - |
| Возможность взвешивания экрана на весах | взвешивание экрана на весах возможно в вертикальном положении | | | | | |

**Выводы**.

Таким образом, потери ТСМ в процессе ТО тракторов могут быть при доливке и замене масла в агрегатах тракторов, при ТО топливных систем, а также при сливе отстоя из топливных фильтров грубой и тонкой очистки, топливных баков; очистке и мойке ротора центробежного масляного фильтра дизеля и фильтра грубой очистки топлива. Они обусловлены недостаточной надёжностью устройств для выполнения операций ТО; недостаточной приспособленностью тракторов к проведению ТО; низкой технической культурой специалистов, которые проводят ТО тракторов и несоответствием параметров условий труда оптимальным показателям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хабардина А.В. Методика экологической оценки средств технического обслуживания машин / А.В. Хабардина, В.Н. Хабардин, М.В. Чубарева // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2018. – № 28. – С. 23-30.

2. Хабардин В.Н. Методика и результаты экспериментального исследования процесса технического обслуживания тракторов с учетом экологических показателей / В.Н. Хабардин, М.В. Чубарева, Т.Л. Горбунова, А.В. Хабардина, Н.В. Чубарева // Сборник научных трудов «Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения». – Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2018. – С. 423-428.

3. Хабардин В.Н. Способ определения экологической безопасности технического обслуживания автотранспортных машин / В.Н. Хабардин, Т.Л. Горбунова, М.В. Чубарева, Н.О. Шелкунова // Патент на изобретение RU 2519287 C1, 10.06.2014. Заявка № 2012157351/11 от 26.12.2012.

4. Хабардин В.Н. Экологическая оценка технического обслуживания машин в полевых условиях / В.Н. Хабардин, М.В. Чубарева, Т.Л.Горбунова // Естественные и технические науки. – 2016. – № 12 (102). – С. 318-325.

УДК 621.43

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЛАПАНОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Н. А. Шаповаленко, студент
Е.В. Агафонова, старший преподаватель
Т.В. Возженникова, старший преподаватель
Р.В. Конореев, канд. техн. наук
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Клапаны гарантируют полную герметичность камер сгорания, испытывают высокие нагрузки, поэтому к ним предъявляются повышенные требования по конструктивным особенностям, методам и материалам изготовления. В статье приводятся исследования клапанов по форме головки, технологий изготовления из комбинирования различных легированных сталей.

***Ключевые слова:*** клапан, легированная сталь, двигатель внутреннего сгорания, форма головки, микроструктура.

В газораспределительном механизме двигателя внутреннего сгорания (ДВС) для подачи в цилиндры воздушно-топливной смеси и беспрепятственного выведение отработанных газов применяются клапана, которые гарантируют полную герметичность камер сгорания. Клапаны постоянно испытывают высокие нагрузки, поэтому они должны быть износостойкими, и изготовлены из качественных сталей.

В двигателях внутреннего сгорания применяются различные типы клапанов, классификация которых производится по разнообразным признакам: по форме запирающего элемента; по количеству запирающих элементов. Принцип работы и конструктивные особенности клапанов определяются возлагаемыми на них функциями. К клапанам механизма газораспределения двигателя внутреннего сгорания предъявляются повышенные требования, поэтому конструктивные особенности, методы изготовления и материалы из которых выполнены клапаны, должны быть направлены на повышение прочности и способности длительно выдерживать высокую температуру.

По форме головки клапаны чаще изготовляют двух видов (рис. 1): с тюльпанообразной головкой, который имеет хорошую обтекаемость газами, большой запас прочности, но достаточно большой вес; с «Т-образной» головкой, который обладает меньшей массой и меньшей поверхностью нагрева, имеет более высокую стоимость. Клапан с «Т-образной» головкой предназначен для тюнингованного мотора работящего преимущественно на высоких оборотах. Он имеет минимальный радиус перехода от ножки к тарелке, из-за небольшого веса уменьшается нагрузка на газораспределительный механизм, сдвигает порог зависания клапана что позволяет использовать стандартные клапанные пружины, не прибегая к усиленным, отбирающих свою долю мощности, меньший износ направляющих втулок, лучшая продувка [1].

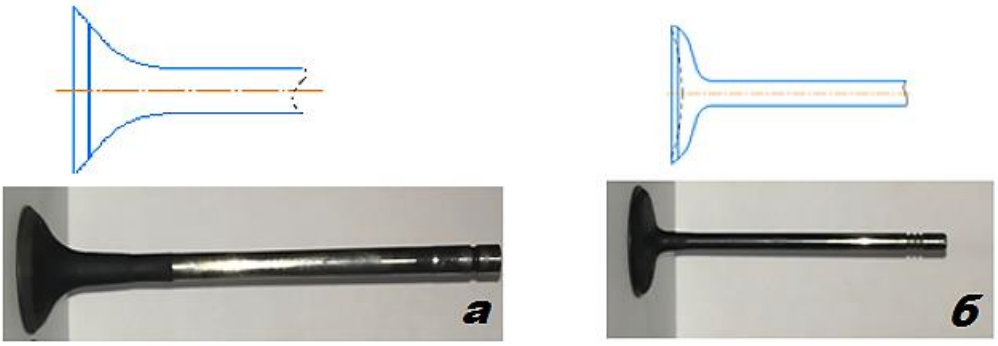



Рисунок 1. Виды клапанов ДВС: а – с тюльпанообразной головкой; б – с «Т-образной» головкой

Однако, у выпускных клапанов головка может быть выполнена в виде зонтичной форме с ребрами жесткости в ее донной части. Такие клапана имеют не более восьми ребер жесткости, причем каждое ребро имеет скос к горизонтальной поверхности не более 20°, они изготавливаются путем получения отливки в вакууме по выплавляемым моделям в нагретые керамические формы с дальнейшей термообработкой в среде защитного газа, после этого выполняют механическую обработку с последующим нанесением покрытия [2]. Ребра жесткости позволяют устранить коробление рабочей фаски клапана, способствуют более плотной посадке клапана в седло и стиранию нагара с рабочей фаски, а также имеет оптимальную массу, вследствие чего повышается стойкость к износу и увеличивается срок его службы.

Для повышения износостойкости и герметичности клапаны могут иметь тарелку с посадочной конической поверхностью полученной шлифованием с последующей доводкой, однако такие поверхности клапана и седла вызывают отклонение формы, что приводит к неполному соприкосновению поверхностей. Для устранения такого недостатка исследователи предлагают изготовлять полированные посадочные поверхности снабженными плавно переходящими друг в друга двумя выступами и расположенной между ними канавкой [3], канавка и выступы изготовляются пластическим деформированием при помощи сферического алмазного инструмента.

Для изготовления клапанов применяются комбинирование различных материалов, а также использование специальных наплавок и покрытий. Клапаны изготавливаются из высоколегированных марок сталей, таких как 40Х9С2, 40ХН, 40Х10С2М, 20ХН4ФА, 55Х20Г9АН4, 45Х14Н-14В2М, из титановых сплавов марок ПТ-3В, ВТ3, ВТ-14, ВТ6, из сплавов с немного низкой температурной стойкостью (только впускные клапаны) ВТ18У и ВТ25У и других сплавов [1]. Некоторые производители изготавливают клапаны из сплавов на основе интерметаллида TiAl, они имеют сравнимо низкую плотность металла, соответственно и меньший вес с большей твердостью и жаропрочностью даже в сравнении с привычными сплавами на основе титана.

Особое внимание уделяют разработке клапанных сталей и сплавов, которые функционируют при температуре более 580°С. Так пример, впускные клапаны дизельного двигателя КамАЗ изготавливаются из стали 40Х10СМ2 мартенситного класса, работающие при более высокой температуре выпускные клапаны изготавливаются из стали ЭП-303М (5Х20Н4А19М) аустенитного класса. Рабочая фаска данных клапанов изготавливается путем наплавки сплавом ВЗК типа «Стелит», который содержит до 60% кобальта [4]. С целью замены дефицитных добавок внедрены сплавы на никелевой основе, которые не содержат кобальта (ЭП-649, ЭП-616, ЭП-615). К недостаткам данных сплавов можно отнести снижение твердости при температуре 1300°С, в сравнение со сплавом ВЗК. Впускные клапаны дизельных двигателей изготавливаются из стали 40Х10СТМ, а выпускные клапаны двигателей– из стали ЭП-616.

Для повышения жаропрочности и износостойкости клапанов в их стали помимо основных легирующих элементов, каких как никель, углерод, хром, молибден, бор, добавляют – алюминий около 2%, титан около 2, цирконий около 0,1%, церий около 0,1% [2]. Некоторые современные производители с целью улучшения эксплуатационных характеристик выпускных клапанов (например, грузовые Mercedes-Benz) вводят до 2,4% ниобия, который повышает жаропрочность, сопротивление разрыву и ползучести, придает устойчивость против теплового удара.

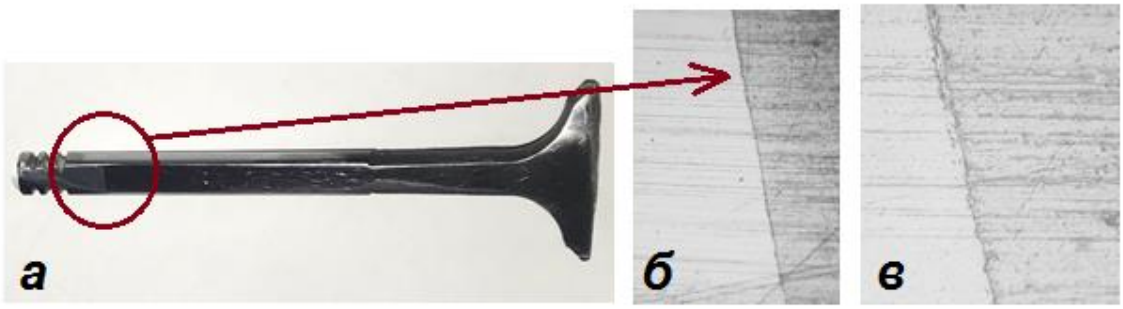



Рисунок 1. Клапан ДВС, изготовленный из разных сплавов: а – макрошлиф соединения двух сплавов; б – микроструктура соединения при увеличении ×100; в – микроструктура соединения при увеличении ×420

Нами проведены исследования клапанов, изготовленных с применением комбинированных материалов. Для исследования микроструктуры клапана готовили и изучали микрошлифы по ранее используемой методике [5, 6]. Исследования проводили на металлографическом микроскопе ВМ-1 при увеличении до 500 раз. В результате выяснили, что клапаны изготовлены из нескольких частей, которые отличаются химическим составом и соединяются при помощи сварки трением или напрессовыванием (рис. 1). А рабочая фаска тарелки выпускного клапана наплавляется из другого сплава, который обладает жаростойкими свойствами, а также устойчивостью к механическим нагрузкам (рис. 2).

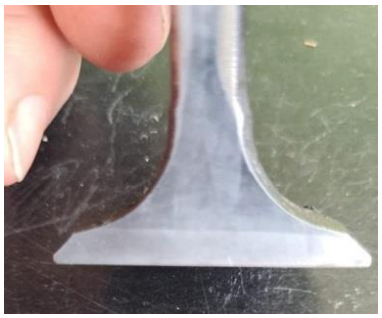


Рисунок 2. Макрошлиф выпускного клапана ДВС с приваренной тарелки

Таким образом, проведенные исследования говорят, что современные технологии производства клапанов ДВС очень разнообразны, они позволяют облегчить конструкцию клапанов, повысить их износостойкость, жаропрочность, повысить их ресурс, сделать их производство более высокотехнологичным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология изготовления клапанов для ДВС [Электронный ресурс]. URL: https://medwegonok.ru/tehnologiya-izgotovleniya-klapanov-dlya-dvs/ (дата обращения: 20.10.2022)

2. Патент № 2339822 C9 Российская Федерация, МПК F01L 3/02. Клапан выпускной двигателя внутреннего сгорания, способ его изготовления и жаропрочный сплав для него: № 2006132945/06: заявл. 13.09.2006: опубл. 27.11.2008 / И. Ф. Боженко, И. П. Рыкунов, А. А. Волкова [и др.]; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие «Воронежский механический завод». – EDN UUXNAQ.

3. Авторское свидетельство № 1768770 A1 СССР, МПК F01L 3/20, B24B 5/14, B24B 39/04. Клапан двигателя внутреннего сгорания и способ его изготовления: № 4860246: заявл. 11.06.1990: опубл. 15.10.1992 / О. С. Черненко, А. Ф. Тарабин; заявитель ТОЛЬЯТТИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ. – EDN PHEDCN.

4. Хрулев, А.Э. Ремонт автомобильных двигателей/ А.Э. Хрулев. – М.: «За рулем», 2000. – 440с.

5. Коноводов, В. В. Повышение эксплуатационной надежности молотков кормодробильных машин конструктивно-технологическими методами / В. В. Коноводов, Е. В. Агафонова, С. В. Щелоков // Технический сервис машин. – 2018. – Т. 133. – С. 205-212. – EDN VRSZSK.

6. Исследование отказов двигателей внутреннего сгорания вызванные «гидроударом»/ А. А. Малышко, Р. В. Конореев, Т. В. Возженникова [и др.] // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 175-177. – EDN YPKEWL.

УДК 629.021

# МИНИМИЗАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ТУПИКОВЫХ УЗЛОВ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА РЕСУРС РАБОТЫ ГИДРОМАШИН И ГИДРОАППАРАТУРЫ

И.Э. Шаякбаров, аспирант[1]
К.Г. Пугин, д-р техн. наук, профессор[1,2]
*[1]Пермский национальный исследовательский политехнический университет*
*[2]Пермский государственный аграрно-технологический университет им. академика Д. Н. Прянишникова*

***Аннотация.*** В статье рассмотрено влияние тупиковых узлов гидравлических системстроительно-дорожных машин при их эксплуатации, в частности, в условиях низких температур. Показан процесс повышенного износа и выхода из строя узлов гидромашин при эксплуатации. Представлен варианты решения проблемы, связанной с тупиковыми узлами гидросистемы.

***Ключевые слова:*** тупиковый узел, строительные и дорожные машины, износ, гидравлические системы, надежность, износ.

Одной из приоритетных задач развития нашей страны на сегодняшний деньявляется активное освоение Северных территорий Российской Федерации, Сибири, Арктики и Антарктиды, которые характеризуются удаленностью от баз обслуживания технологических машин, низкими температурами и низкой транспортной доступностью. Производственная эксплуатация и техническое обслуживание строительных и дорожных машин в таких условиях имеют повышенные сложности. Это связано с удаленностью мест эксплуатации техники, отсутствием возможности своевременно и оперативно доставлять расходные материалы и запчасти, с невозможностью оперативно отправлять технику на техническое облуживание и ремонт ввиду больших экономических затрат, формирующихся малой транспортной доступностью, а также с сезонностью проведения работ в Арктической зоне. Поэтому большое значение приобретает снижение количества внезапных отказов технологических машин, в частности по причине отказа гидравлической системы [1].

При многолетних исследованиях и испытаниях различных строительно-дорожных и коммунальных машин, проведенные отечественными (К.Г. Пугин, Н.Г. Гринчар, Г.С. Бродский, Б.В. Слесарев и т.д.) и зарубежными (FelixNg., Jardine A.K., Wilson D.I., Blum K. и т.д.) учеными, в различных климатических условиях, были выявлены зависимости надежности приводов от различных факторов [2-4]. Все факторы можно разделить на 2 группы - внутренние и внешние. К первой группе относятся факторы, зависящие от конструирования узлов и агрегатов (материалы, применяемые при изготовлении; допуски

при сборке и т.д), производства (контроль на всех этапах сборки, техническая документация и т.д.) и эксплуатации (условия хранения, техническое облуживание и т.д.). Ко второй же группе относятся факторы, условия эксплуатации, хранения, транспортировки, проектирования. Именно сюда относятся чистота рабочей жидкости, температура, износ, старение, то есть те, факторы, которые оказывают непосредственное влияние на надежность и безотказную работу гидросистемы. Поэтому только на основании количественной связи между надежностью гидроприводов строительно-дорожных машин и параметром загрязненности жидкости можно более точно и оптимально выполнить проектирование гидроприводов, а также сформировать порядок технического обслуживания гидросистем, так как от этих действия зависит конечная цель - обеспечение требуемого уровня работоспособности техники, ее систем и агрегатов, что в свою очередь влияет на ресурс работы гидромашин и гидроаппаратуры.

Конструкция строительно-дорожных и коммунальных машин является совокупностью большого количества систем, которые обеспечиваютработоспособность техники. Одной из таких систем является гидравлическая система, которая сама по себе является довольно сложной системой, формирующей многофакторное обеспечение ее надежности. Упрощенно гидросистему можно представить в виде замкнутой системы, представленной на рисунке 1.

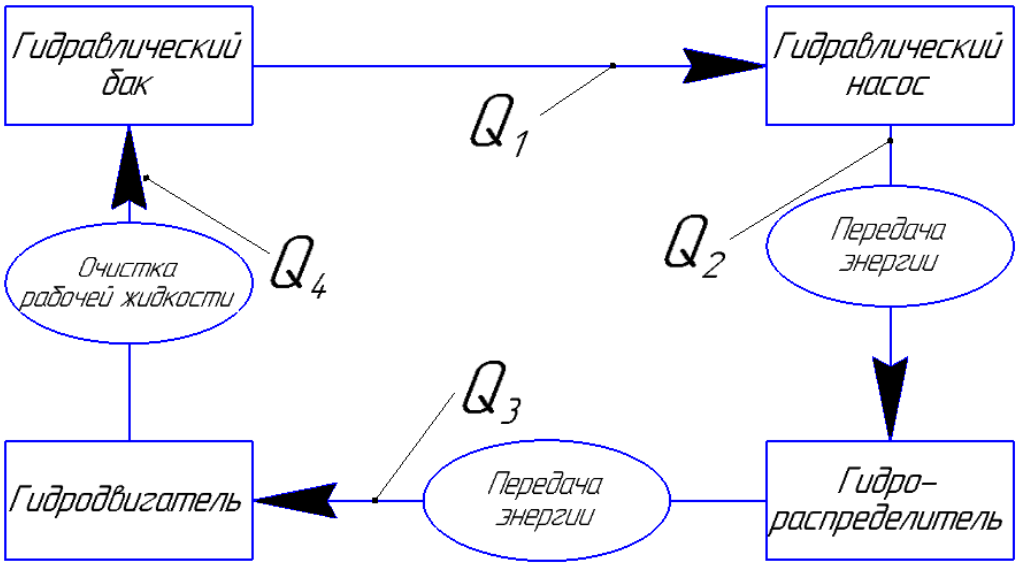



Рис. 1. Простейшая гидравлическая система строительно-дорожных машины.

Такое представление указывает на то, что рабочая жидкость непрерывно циркулирует по гидросистеме, сама структура гидросистемы должна обеспечивать круговую циркуляцию рабочей жидкости. Это позволяет организовать своевременную и полную очистку рабочей жидкости от продуктов износа и других загрязняющих элементов в устройствах очистки.

На крупногабаритных машинах гидродвигатели приводящие в движение рабочие органы технологических машин могут находиться на значительном удалении от гидравлических распределителей, при этом может сформироваться зона гидросистемы, в которой будет нарушена круговая циркуляция рабочей жидкости.

В качестве примера можно рассмотреть работу гидросистемы, в которой установлен гидроцилиндр рис. 2.

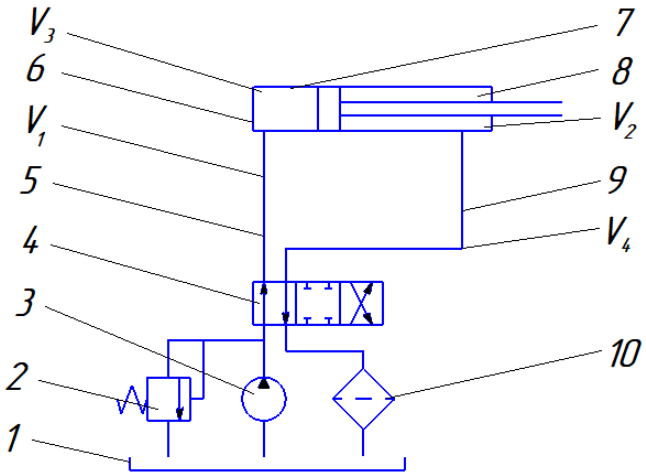



Рис.2. Гидравлическая схема строительно-дорожной машины
(1 – гидробак, 2- предохранительный клапан, 3 – гидронасос, 4 – гидрораспределитель, 5 – напорная гидролиния, 6 – гидроцилиндр, 7 – поршневая полость гидроцилиндра, 8 – штоковая полость гидроцилиндра, 9 – сливная гидролиния, 10 – фильтр; $V_1$ – объем жидкости в напорной гидролинии, $V_2$ – объем штоковой полости гидроцилиндра, $V_3$ – объем поршневой полости гидроцилиндра, $V_4$ – объем жидкости в сливной гидролинии).

Движение рабочей жидкости в гидролиниях 5 и 9 имеет возвратно-поступательный характер, тем самым обеспечивается движение поршня внутри гидроцилиндра. Рабочая жидкость подается и сливается в полости цилиндра 7 и 8 по линиям 5 и 9 через распределитель 4. Изменение протяженности и внутреннего диаметра гидролиний 5 и 9 создает условия, при которых объем рабочей жидкости в трубопроводе 5 может быть больше, чем объем гидравлической жидкости в полости цилиндра 7. Это ведет к нарушению круговой циркуляции рабочей жидкости из рабочей полости гидроцилиндра, так как до гидрораспределителя 4 не доходит рабочая жидкость из гидроцилиндра в полном объеме. При втягивании штока рабочая жидкость из поршневой полости гидроцилиндра переходит в гидролинию 5, а при выдвижении штока, тот же объем рабочей жидкости заходит обратно в поршневую полость. При осуществлении рабочих циклов гидроцилиндром данный процесс повторяется, формируется зона застаивания рабочей жидкости. Застаивание жидкости ведет к повышению количества частиц износа в гидравлической жидкости, и со временем количество частиц будет увеличиваться, повышая износ гидродвигателя в геометрической прогрессии, увеличивая скорость окисления и деградации рабочей жидкости [5, 6].

Исходя из вышесказанного, можно сделать выводы, что тупиковый узел гидравлической системы – это элемент гидросистемы, который выполняет циклическую работу и располагается таким образом, что из-за геометрических особенностей гидравлической системы рабочая жидкость не имеет возможности кругового циркуляционного движения, в котором наблюдается эффект застаивания гидравлической жидкости.

Используя математический аппарат возможно более точно определить зону формирования тупикового узла. Для этого необходимо определить соотношение объемов поршневой полости в гидроцилиндре $V_3$ и объема напорной линии $V_1$, которое будет определять коэффициент удаленности гидродвигателя $k_{\text{удал}}$.

$$k_{\text{удал}} = \frac{V_1}{V_3} \quad (1)$$

Объем напорной линии определяется как объем цилиндра:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot L}{4}, \quad (2)$$

где $d_1$ – внутренний диаметр напорной линии, L– длина напорной линии от органа управления до гидроцилиндра.

Аналогичным образом определяется объем поршневой полости в гидроцилиндре:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2 \cdot l}{4}, \quad (3)$$

где $d_3$–внутренний диаметр гидроцилиндра, l – длина выдвижения штока цилиндра при работе.

Подставляя выражения (2) и (3) в уравнение 1 с учетом сокращения числа π и коэффициент ¼, получаем выражение для определения коэффициента удаленности:

$$k_{\text{удал}} = \frac{V_1}{V_3} = \frac{d_1^2 \cdot L}{d_3^2 \cdot l} \quad (4)$$

Исходя из выражения (4), можно сделать вывод, что коэффициент удаленности может зависеть от линейных размеров гидролиний и гидроцилиндра. Однако влиять на данный коэффициент могут так же режим эксплуатации исполнительного органа (полное использование или частичное), характеристики потока рабочей жидкости, наличие местных сопротивлений в гидроприводе и т.д [7,8].

Если рассмотреть более подробно тупиковые элементы гидравлической системы, то в них есть ряд особенностей эксплуатации. Одна из особенностей была описана выше – отсутствие циркуляции гидравлической жидкости, что характеризуется следующим:

1) отсутствие циркуляции ведет к застою жидкости, при этом накапливая частицы износа и загрязнения, попавшие в систему по причине износа внутренних элементов привода или из вне по причине ослабления мест соединения магистралей и т.д.;
2) отсутствие циркуляции ведет к ухудшению смазочных свойств гидравлической жидкости из-за его деградации и окислении;
3) отсутствие циркуляции гидравлической жидкости при эксплуатации техники в экстремально низких температурах приводит к проблемам с прогревом тупикового элемента гидросистемы.

Решение данных проблем позволит повысить надежность и безотказность работы гидравлической системы, а, следовательно, техники в целом. Этот аспект позволить повысить прибыль компаний, снизить расходы времени и ресурсов на техническое обслуживание и ремонт машин, сократив время простоя/

При условии, что объемы поршневой и штоковой полостей гидроцилиндра неизменны, делаем вывод, что совершенствование возможно только в отношении гидролинии. Для решения проблем с застаиванием жидкости, можно предложить следующие варианты модернизации:

1) Изменить конструкцию гидролинии таким образом, чтобы имелась возможность замены гидравлической жидкости из полостей гидроцилиндра и гидролинии, где происходит застаивание рабочей жидкости;
2) Изменение расположения органа управления относительно исполнительного органа. Необходимо расположить гидрораспределитель как можно ближе к исполнительному органу, тем самым уменьшить длину гидролинии, а, соответственно, объема жидкости в гидролинии. Управление распределителем в этом случае будет осуществляться дистанционно посредством электропривода.
3) Изменение объема нагнетающей гидролинии. Следует увеличить пропускную способность гидравлических рукавов, увеличив их внутренний диаметр. Это позволит увеличить объем рабочей жидкости в нагнетающей линии, тем самым повышая возможность обмена рабочей жидкости. Однако минусом данного способа является частичное изменение гидроцилиндра, а именно изменение диаметра штуцера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1) Пугин, К.Г. Повышение надежности гидравлических систем строительно-дорожных машин, эксплуатируемых в Арктической зоне / К. Г. Пугин, И. Э. Шаякбаров // Инженерная наука: проблемы, идеи, перспективы : материалы Международной научно-технической конференции, Пермь, 08 апреля 2022 года / Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова». – Пермь: ИПЦ Прокростъ, 2022. – С. 190-194.
2) Felix Ng., Jennifer A. Harding, Jacqueline Glass. Improving hydraulic excavator performance through in line hydraulic oil contamination monitoring// Mechanical Systems and Signal Processing №83 (2017) p.176–193.
3) Jardine A., Lin D., Banjevic D. A rewiev on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance // Mechanical Systems and Signal Processing №20 (2006) p. 1483-1510.
4) Helwig N., Pignanelli E., Schultze A. Condition monitoring of a complex hydraulic system using multivariate statistics // 2015 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, 2015, Pisa, Italia.
5) Гринчар Николай Григорьевич. Методы и средства повышения эксплуатационной надежности гидроприводов дорожных и строительных машин : диссертация ... доктора технических наук : 05.05.04 / Гринчар Николай Григорьевич; [Место защиты: Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (Новочеркас. политехн. ин-т)].- Москва, 2007.- 369 с.: ил. РГБ ОД, 71 07-5/801.
6) Ковалев М.А., Бородкин Г.В. Контроль технического состояния гидравлических систем летательных аппаратов на основе мониторинга значений вязкости и уровня чистоты рабочей жидкости // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета.- 2012.- №7(38).-С.40-45.
7) Нураков С.Н., Томашец А.К., Влияние износа деталей гидроцилиндра на технико-экономические показатели гидроприводов и экологические показатели дорожных машин // Вестник СибАДИ.- 2009.- Вып. 2(12).-С.22-26.
8) Пенчук В.А., Демочкин С.В. Повышение ресурса гидравлических жидкостей мобильных строительных машин // материалы Международной научно-технической конференции «Наземные транспортно-технологические комплексы и средства».- 2016.- С. 226-231.

УДК 621.923

# МАГНИТНО–АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ОТРЕЗНЫХ РЕЗЦОВ ДЛЯ РЕЗКИ ТРУБНОГО ПРОКАТА

Л.М. Акулович, д-р техн. наук, профессор
Л.Е. Сергеев, канд. техн. наук, доцент
М.В. Стрига, студент
*Белорусский государственный аграрный технический университет*

***Аннотация.*** Показана актуальность применения способа магнитно–абразивной поверхности для заточки резцов. Осуществлено моделирование магнитной системы при использовании трех типов полюсных наконечников. Шероховатость поверхностей, образующих режущее лезвие, и контура кромки после МАО достигает величины по параметру $R_a$ = 0,8 мкм.

***Ключевые слова:*** отрезные пластинчатые резцы, заточка резцов, алмазное шлифование, магнитно–абразивная обработка, ферроабразивный порошок, смазочно–охлаждающие технологические средства, магнитное поле.

Выпускаемая трубопрокатными заводами продукция востребована в нефтегазовой, химической, строительной, пищевой и машиностроительной промышленности [1]. Мерное разделение по длине трубного проката производится лазерной резкой, на ленточно–пильных станках и на токарных станках отрезными пластинчатыми резцами. Однако лазерная резка связана с неблагоприятными производственными факторами, которыми являются отраженное лазерное излучение, импульсный шум и загрязнение воздуха вредными веществами, образующимися при воздействии лазерного излучения на обрабатываемый материал и человеческий организм. При работе с лазерами происходит выделение вредных аэрозолей, газов и паров [2]. При отрезке труб на ленточно–пильных станках возникают следующие дефекты: косой срез, при котором угол торца наклонен к оси; грубый срез; рваные края; не состыковка линий среза; скол с вырывом металла; растрескивание металла; заусенцы и искривление конца труб [3]. Из всей номенклатуры режущего инструмента наиболее востребованы резцы и резцовые вставки. Однако их износ сопровождается увеличением радиуса округления режущей кромки как результат трения стружки и обрабатываемой поверхности по контактным площадкам передней и задней поверхностей и пластического деформирования материала инструмента под влиянием давления стружки и высокой температуры. Это приводит к появлению дополнительных погрешностей размеров из–за увеличения площадки износа по задней поверхности лезвия и разрушения режущей кромки [4]. Восстановление геометрической формы и качества режущих поверхностей изношенных резцов выполняется на заточных станках. При заточке резцов предъявляются высокие требования к качеству его режущих поверхностей: шероховатость передней, задней поверхностей и режущей кромки резца не должна превышать $R_a$ 0,4 мкм; радиус округления кромки должен находиться в пределах от десятых до сотых долей микрометра; радиус закругления резца в плане должен контролироваться с высокой точностью и на поверхности инструмента не должно быть дефектных слоев с трещинами и прижогами [4]. Таким образом, вопросы заточки резцов после потери их режущих свойств являются актуальными, а технология заточки должна обеспечить указанные высокие требования к качеству поверхностей режущих кромок.

**Результаты исследований.**

При заточке отрезных резцов алмазными кругами необходимо учитывать характерную особенность процесса шлифования этим инструментом, состоящим в быстрой потере его режущей способности в результате интенсивного изменения рельефа режущей поверхности и её свойств [5]. Для обеспечения высокой эффективности алмазного шлифования необходимо производить периодическую правку и восстанавливать режущую способность кругов, поскольку возникает засаливание рабочей поверхности круга, что приводит к перерасходу заточных инструментов. Причина такого положения состоит в отсутствии связок с высокими смазочными свойствами и, как следствие, потеря ими режущих свойств из–за засаливания. Одним из перспективных способов заточки режущих инструментов может быть магнитно–абразивная обработка (МАО) [6]. При МАО режущим инструментом является ферроабразивный порошок (ФАП) и смазочно–охлаждающие технологические средства (СОТС), которые находятся в рабочем зазоре в подвижно скоординированном состоянии. Роль связки между ферроабразивными зернами выполняет магнитное поле (МП), генерирующее упругие силы воздействия на зерна ФАП. Экспериментальные исследования проводили при МАО резцов, которые предназначены для отрезки тонкостенных труб при производстве глушителя звука грузового автомобиля (рисунок 1). Качество заточки резца определяется в основном условным радиусом скругления режущей кромки и шероховатостью передней и задней поверхностей.



Рисунок 1 – Фотография рабочей зоны при разрезке труб резцами.

Изменение величины магнитной индукции производилось варьированием силы тока, подаваемого на электромагнитные катушки соленоидов электромагнитной системы, фотография которой показана на рисунке 2.

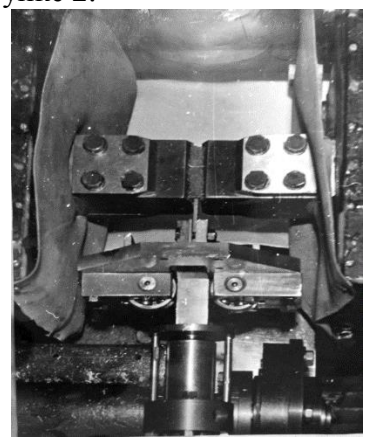
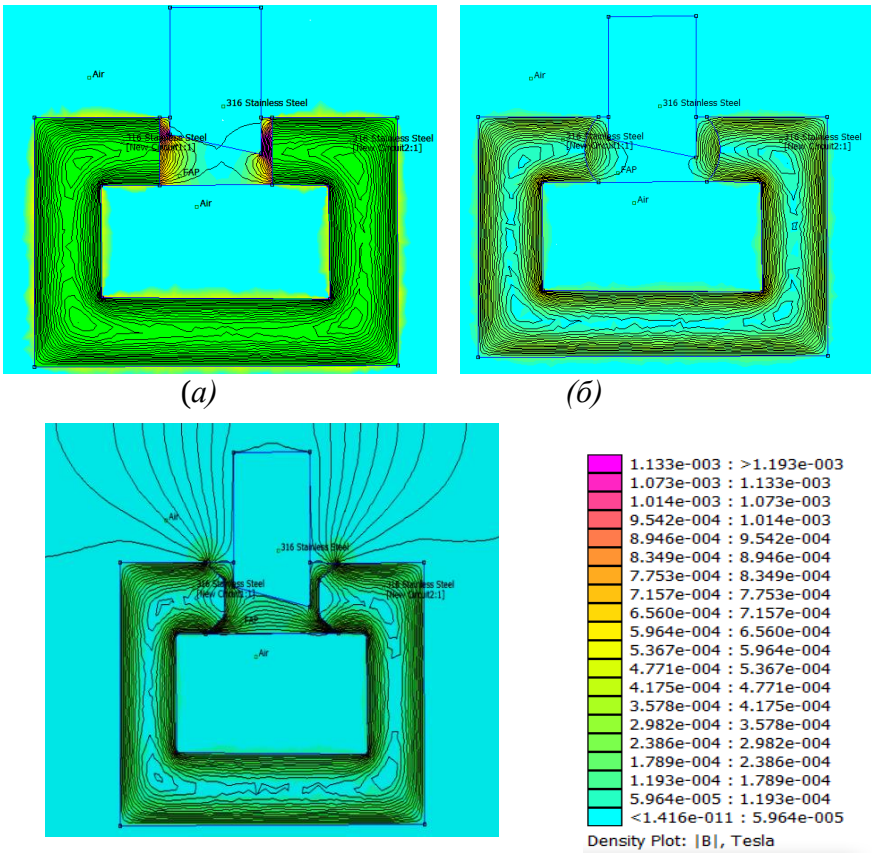


Рисунок 2 – Фотография рабочей зоны МАО резцов.

Для реализации процесса резания ФАП при МАО одним из главных вопросов является определение топографии МП в рабочем зазоре и его влияние на процесс формирования ферроабразивной «щетки». Для определения топографии МП осуществлено его моделирование при использовании трех типов полюсных наконечников: с прямолинейным, криволинейным и коническим профилями (рисунок 3). Установлено, что у

поверхности полюсных наконечников с прямолинейным профилем происходит наибольшая концентрация магнитного потока. Следовательно, наиболее эффективно ФАП будет обрабатывать резец в тех местах магнитного поля, где магнитная индукция имеет большее значение.




*(а)* *(б)* *(в)*

Рисунок 3 – Топография магнитного поля, рассчитанная в программе *FEMM* 4.2: (*а*) с прямолинейным, *(б)* с криволинейным, *(в)* с коническим профилями.

Таким образом, теоретические исследования показали, что после заточки резца необходимо применить дополнительную финишную МАО для создания скругления режущей кромки и его упрочнения. МАО обеспечивает длительное сохранение геометрической формы кромки резца, повышенную её прочность и стойкость инструмента, а также позволяет улучшить качество поверхностей режущих кромок. Проведены экспериментальные исследования МАО поверхности резцов автоматных отрезных пластинчатых 3х12х125мм, в количестве 15 штук (2131 – 4203, цельный Р6М5, ТУ 2–035–491–76). Исходная шероховатость на поверхности его лезвия при шлифовании абразивным кругом составляет $Ra$ = 0,16 мкм, а на контуре кромке $Ra$ = 0,2 мкм. Параметры и режимы МАО: величина магнитной индукции, $B$ = 0,5–1 Тл; скорость осцилляции, $V_o$ = 0,1–0,25 м/с; величина рабочего зазора, δ = 1–4 мм; коэффициент заполнения рабочего зазора, $K_з$ = 1; размерность частиц ФАП Δ = 63/100 мкм; ФАП – Полимам–Т ТУ 06459–81; СОТС – СинМА–1 ТУ 38.59.01176-91, 3 %–ный водный раствор; расход СОТС 150 мл/мин; скорость подачи СОТС $w$ = 0,55 м/с; время обработки $t$ = 120 с. Величину шероховатости $Ra$ определяли профилометром TR210 по ГОСТ 19300–86, измерение радиуса закругления вершины резца производилось прибором для измерения фаски с использованием шаблонов.

Проведенные исследования показали, что после заточки резец необходимо обработать методом МАО для создания скругления режущей кромки радиусом 0,02–0,03 мм. Шероховатость поверхностей, образующих режущее лезвие, и на контуре кромки после МАО достигает величины по параметру $Ra \leq 0{,}08$ мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энциклопедия машиностроения. Т.III. Технология изготовления деталей машин / А. М. Дальский [и др.]. – Машиностроение, 2000. – Т. 3. – 420 с.

2. Яшина, М. А. К вопросу использования лазерного оборудования в цехах гибких автоматизированных производств / Яшина, М. А. [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. – № 12. – С. 1301-1306.

3. Левченко, Е. А. Теория и практика абразивной разрезки труб: монография / Е.А. Левченко [и др.]. – М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2018. – 142 с.

4. Янюшкин, А. С. Контактное взаимодействие при комбинированном электроалмазном затачивании твердосплавных инструментов: автореф. дис … д–ра техн. наук. / А. С. Янюшкин; Братский государственный технический университет. – Иркутск, 2004. – 44 с.

5. Клименко, С. А. Финишная обработка поверхностей / С. А. Клименко [и др.]; под общ. ред. С. А. Чижика и М. Л. Хейфеца. – Минск : Беларуская навука, 2017. – 378 с.

6. Акулович Л. М. Магнитно–абразивная обработка сложнопрофильных поверхностей деталей сельскохозяйственных машин/ Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев. – Минск : БГАТУ, 2019. – 272 с.

УДК 631.312.021.3

# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЕМЕХОВ И ДОЛОТ ПЛУГОВ

Г.И. Анискович, канд .техн. наук., доцент
М.А. Шевчук, ассистент
*Белорусский государственный аграрный технический университет*

***Аннотация.*** В статье приводятся сведения по материалам и технологиям, которые используются отечественными и зарубежными предприятиями при изготовлении лемехов и долот плугов, результаты исследования микроструктуры и механических свойств упрочненных деталей.

***Ключевые слова:*** лемех, долото, конструкционные стали, упрочнение, импульсная закалка, микроструктура, твердость, прочность, ударная вязкость.

Одной из важнейших проблем, связанной с эксплуатацией плугов является быстрый износ деталей, испытывающих наибольшие удельные нагрузки – долот и лемехов. Повышение технического уровня этих быстроизнашивающихся деталей является актуальной задачей современного сельскохозяйственного машиностроения, развитие которого должно предусматривать внедрение в производство новых материалов и прогрессивных технологий [1,2].

Анализ конструкционных материалов, используемых в последнее десятилетие предприятиями Республики Беларусь и другими государствами СНГ для изготовления деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин, свидетельствует о применении недорогих марок сталей, а также традиционных методов термообработки [1,2,3]. Как правило, для изготовления почворежущих деталей применяют конструкционные стали 40, 40Х, 45, Л53, 65Г и других марок, а в качестве упрочняющей технологии закалку и отпуск с использованием масел в качестве охлаждающей среды. Такие технологии обеспечивают изделиям механические свойства (твердость, прочность, ударную вязкость) недостаточные для эффективного использования деталей, работающих в абразивной среде с ударными нагрузками. Сведения о материалах, видах термической обработке (ТО) и их механических свойствах приведены в таблице 1 [2].

*Таблица 1*

Материалы, применяемые для изготовления деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин

| Марка стали | Вид термообработки | Механические свойства после термообработки | | |
|---|---|---|---|---|
| | | HRC | $\sigma_B$, МПа | KCU, МДж/м$^2$ |
| 35 | Локальная закалка лезвия ТВЧ | 35,5 – 39,5 | 735 | 0,29 |
| 45 | Закалка ТВЧ или объемная термообработка | 41,5 – 45,5 | 750 | 0,60 |
| 40Х | Закалка ТВЧ или объемная термообработка | 41,5 – 45,5 | 1200 | 0,49 |
| Л53 | Закалка ТВЧ или объемная термообработка | 44,5 – 48,5 | 800 | 0,60 |
| 65Г | Объемная термообработка | 39,5 – 43,5 | 800 | 0,55 |
| 40Г2 | Объемная термообработка | 41,5 – 49,5 | 1100 | 0,23 |

Преимуществами материалов и технологий для производства сменных деталей плугов используемых зарубежными фирмами являются: низкое содержание дорогостоящих легирующих элементов; хорошая закаливаемость; детали обладают достаточной ударной вязкостью; простоя и недорогая термообработка; малая чувствительность к появлению закалочных трещин и короблению; возможность закалки сразу после ковки; хорошая комбинация ударной вязкости и прочности.

За рубежом детали рабочих органов преимущественно получают из более прочных борсодержащих (с добавками молибдена, титана) мало и среднеуглеродистых сталей (таблица 2). Аналогами их в СНГ являются стали 30ГР, 40ГР, 30Г2Р и др. Применение таких сталей и специальных способов термической обработки позволило достичь повышенных эксплуатационных свойств. Детали упрочняются до твердости 48 – 52 HRC, прочность превышает 1200 МПа, ударная вязкость – 0,8 – 1,0 МДж/м$^2$ [1].

*Таблица 2*

Отечественные аналоги сталей, применяемых зарубежными производителями для изготовления лемехов и долот плугов

| Наименование детали | Фирма, страна | Марка стали (отечественный аналог) |
|---|---|---|
| Лемех долотообразный | “Rabewerk” (Германия) | 40ГР (ГОСТ 4543-71) |
| Лемех с накладным долотом | “Huard” (Франция) | Типа 30ГР |
| Лемех с накладным долотом | “Huard” (Франция) | Типа 30Г2Р |
| Лемех с накладным долотом | “Kverneland” (Норвегия) | Типа 30Г2Р |
| Лемех трапециевидный | “Morris” (Канада) | Типа У9 с повышенным содержанием Mn |
| Лемех долотообразный | “BBC” (Германия) | Типа 45Г2С |
| Лемех долотообразный с наплавкой | “Raba” (Венгрия) | 30Г2 (ГОСТ 4543-71) |
| Долото | “Case” (США) | 45Г2 легированная В |
| Долото | “Paraplaw” (Англия) | 40 (ГОСТ 1050-88) |

Примечания: 1. Никель и медь присутствуют в качестве примеси в пределах 0,05 – 0,16% и 0,03 – 0,20% соответственно. 2. В отдельных образцах обнаружены следы молибдена

(0,02 – 0,03%). 3. Все борсодержащие стали содержат алюминий (0,028 – 0,08%) и титан (0,012).

Наряду с этим отдельные западноевропейские фирмы разработали и реализовали наукоемкие технологии «Conit» (Kverneland, Норвегия), «Triplex» и «Dreilagenmaterial» (Huard, Франция), «Rabid» (Rabewerk, Германия), «Plasmabid» (Rabe, Германия), а так же лазерные и плазменные способы упрочнения деталей в сочетании со специальными процессами термической обработки, новые материалы, например, Permanit © (Vogel und Noot, Австрия). Изделия, полученные с применением технологий «Conit» и «Triplex» обладают высокой конкурентоспособностью и наиболее соответствуют ударно-абразивным условиям эксплуатации. Отличительной особенностью этих изделий является 3-х слойное строение поперечного сечения (так называемое диссипативное структурное строение). Поверхностные слои изделий имеют высокую прочность (1200 – 1800 МПа) и твердость (до 67 HRC). Сравнительно пластичная сердцевина при этом обеспечивает повышенную ударную вязкость изделий.

Для увеличения износостойкости при абразивном изнашивании долот и лемехов, фирмы "Lodpe Ceramic" и "Morgan Matrok" (Великобритания) приступили к выпуску керамических лемехов, срок службы которых по износостойкости превосходит стальные в 12 раз, однако стоимость их изготовления очень велика. В процессе использования таких деталей обнаружились недостатки: при динамической нагрузке появляются сколы, что приводит к образованию трещин.

Ряд фирм используют наплавку носков долот и лемехов твердыми сплавами. Фирма Rabewerk использует материалы с более высоким качеством (Drielagenmaterial, Conit, Rabedur). Высокое качество долот и лемехов демонстрирует норвежская фирма «Kverneland».

Особое внимание при изготовлении долот и лемехов плугов западноевропейскими фирмами уделяется формированию их структурного состояния. Исследования последних десятилетий показали, что наиболее эффективным способом повышения прочности, а также твердости, при обеспечении достаточной вязкости и пластичности является измельчение структуры сталей путем применения микролегирования, контролируемой прокатки и других способов обработки [4,5,6,7]. Прочность и твердость материала возрастает при уменьшении размеров элементов, образующих его структуру. Связь этих параметров обычно описывается уравнением типа Холла-Петча.

Уравнение, описывающее повышение прочности при измельчении зерна (или субзерна)

$$\sigma_T = \sigma_0 + \frac{k}{d^m}, \qquad (1)$$

где $\sigma_0$ – напряжение, необходимое для движения свободной дислокации или внутреннее напряжение, препятствующее распространению пластического сдвига в теле зерна;

$k$ – коэффициент, характеризующий прочность блокирования дислокаций;

$d$ – диаметр зерна (субзерна).

Повышение твердости материалов описывается уравнением

$$HV = HV_0 + \frac{k}{d^m}, \qquad (2)$$

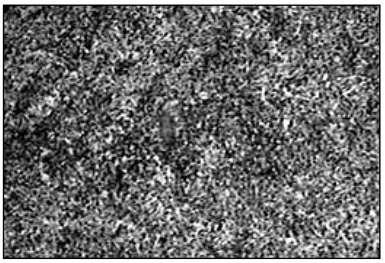
где $HV_0$ – твердость по Виккерсу монокристалла;

$k$ – коэффициент пропорциональности;

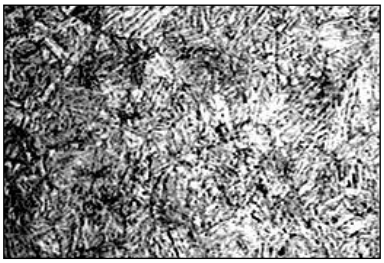
$d$ – диаметр зерна.

Для материала с зеренной структурой $m$ = 0,5 и для субзеренной структуры $m$ = 1.

Так, для получения требуемого мелкозернистого структурного состояния и соответствующих высоких механических свойств фирмой “Rabewerk” разработан и реализован технологический процесс специальной термической обработки лемехов и долот плугов, предусматривающий в числе других операций их цементацию на глубину 1,8 мм. Микроструктура цементованного слоя (рис. 1*а*) упрочненного долота представляет собой мартенсит мелко-, среднеигольчатый, твердость цементованной поверхности 62 HRC, микроструктура основного металла (рис. 1*б*) – мартенсит малоуглеродистый твердостью 29 – 30 HRC.



*а)*



*б)*

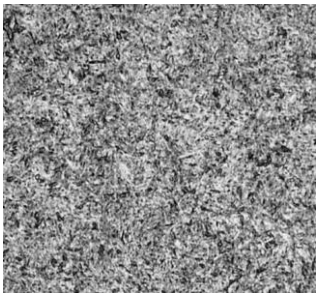
Рисунок 1 – Микроструктура х500 поверхностного слоя (*а)* и сердцевины (*б)* долота фирмы “Rabewerk”

Отечественной технологией обеспечивающей формирование мелкодисперсных структур является технология импульсной закалки [8,9]. В плоских изделиях из среднеуглеродистых сталей импульсной закалкой в процессе интенсивного охлаждения за счёт фазового превращения достигается формирование в поперечном сечении изделия диссипативного структурного строения с субмелкокристаллическим зерном мартенсита.

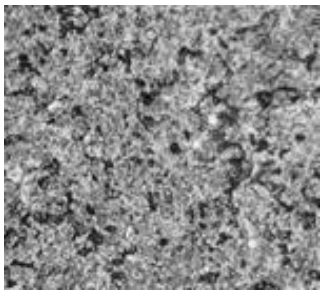
Изучение микроструктурного строения упрочненных импульсной закалкой деталей (рисунок 2*а*) из стали 60ПП показало, что в поверхностном слое образовалась микроструктура весьма мелко игольчатого мартенсита, Твёрдость поверхностного слоя составляет 58 – 64 HRC. Исследованиями микроструктуры упрочненного слоя образца стали 60ПП по оценке металлографическим методом [10] при увеличениях х5000, х20000 (рисунок 3) выявлено, что максимальная длина игл мартенсита составляет 5 – 6 мкм, толщина игл – порядка 0,2 – 0,3 мкм. Структура образца характерна для мартенсита пакетного (реечного) типа со средним поперечным размером реек 450 – 550 нм. Мартенситные иглы частично фрагментированы, размер фрагментов находится в диапазоне 20 – 150 нм, их средний размер составляет 40 – 50 нм.

Статистические данные по средней длине фрагментов мартенситных пластин стали 60ПП после упрочнения рабочей поверхности деталей толщиной 6 – 12мм показали, что размер 80% фрагментов находится в диапазоне 0,02 – 0,08мкм (таблица 3)

Снимки микроструктуры троостита в сердцевине плоского образца (рисунок 2*б*) также свидетельствуют о его дисперсности. Твердость сердцевины находится в пределах 28 – 42 HRC.



*а)*

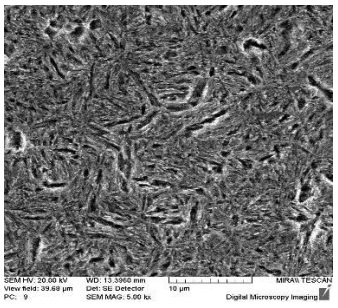


*б)*

Рисунок 2 – Микроструктура (х200) упрочненного слоя (*а*) и сердцевины (*б*)

Придание такого дисперсного структурного строения упрочненным деталям является основой повышения их конструкционной прочности и износостойкости [11]. Твердый поверхностный слой и вязкая сердцевина упрочненных импульсной закалкой деталей

обеспечивают высокий уровень прочности 2100 – 2300 МПа и ударной вязкости 0,8 – 1,25 МДж/м$^2$.


*а)*

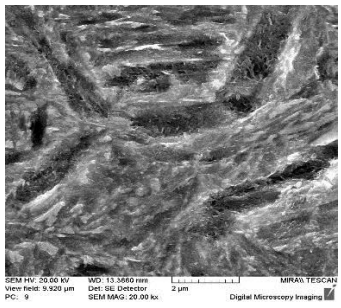

*б)*

Рисунок 3 – Микроструктура поверхностного слоя упрочненного импульсной закалкой образца стали 60ПП х5000 (*а*) и х20000 (*б*)

Импульсной закалкой деталей, изготовленных из нелегированных конструкционных сталей, достигается их мелкозернистое структурное строение, высокий уровень значений твердости, ударной вязкости и прочности, сопоставимые с аналогичными показателями деталей импортного производства, изготовленными из борсодержащих мало- и среднеуглеродистых легированных сталей. Наличие такой структуры и механических свойств является предпочтительным для деталей, работающих в условиях ударно-абразивного изнашивания.

*Таблица 3*

Разбиение на классы по длине фрагментов в мартенситных пластинах детали из стали 60ПП.

| Класс | Количество, штук | Интервал, мкм | Доля по количеству, % | Доля по массе, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 – 0,02 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 0,02 – 0,04 | 3,08 | 1,14 |
| 3 | 29 | 0,04 – 0,06 | 44,62 | 30,08 |
| 4 | 26 | 0,06 – 0,08 | 40 | 45,04 |
| 5 | 7 | 0,08 – 0,1 | 10,77 | 20,88 |
| 6 | 1 | 0,1 – 0,12 | 1,54 | 2,85 |
| 7 | 0 | 0,12 – 0,14 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0,14 – 0,16 | 0 | 0 |
| 9 | 0 | 0,16 – 0,18 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0,18 – 0,2 | 0 | 0 |

Анализ технологий и материалов, применяемых для изготовления долот и лемехов плугов показал, что освоение в производственных условиях технологии импульсной закалки для упрочнения этих деталей, изготовленных из среднеуглеродистых сталей, позволит обеспечивать сельхозпроизводителей изделиями собственного производства, по техническому уровню не уступающими лучшим мировым аналогам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин/И. Н. Шило [и др.] – Минск: БГАТУ, 2010. – 320с.

2. Машиностроение: Энциклопедия: в 40т/т.IV-16; Сельскохозяйственные машины и оборудование./ Ред. – сост. И.П. Каневич; отв. Ред. М.М. Фирсов. – М. : Машиностроение, 2002. – 720с.

3. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники/Н.В. Казаровец, Г.Ф. Бетеня, Г.И. Анискович, А.И. Гордиенко, В.С. Голубев, А.Н. Давидович//Сборник докладов 12 МНТК 10-12 сентября 2012 г., Углич. – М.: Известия, 2012. – С.219-228.

4. Рыбин В.В., Малышевский В.А., Хлусова Е.И. Технологии создания конструкционных наноструктурированных сталей //МИТОМ, 2009, №6 (643), С. 3-7.

5. Bulk nanocrystalline steel // Jronmaking and steelmaking.-2005.-V.32-p.405-410.

6. Лякишев Н.П., Алымов М.И. Наноматериалы конструкционного назначения //Российские нанотехнологии, 2006, Т.1, № 1-2, С. 71 - 81.

7. Быков Ю.А. Структура и свойства конструкционных наноматериалов // Приложение №7 к журналу «Справочник. Инженерный журнал», 2010, №7, С.1-24

8. Бетеня, Г.Ф. Анискович, Г.И. Модификация структуры и механических свойств стали пониженной прокаливаемости при импульсном закалочном охлаждении жидкостью. / MOTOROL/ – Lublin-Pzeszow, 2013, vol.15, №7 – С.80-86.

9. Бетеня, Г.Ф. Опыт упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости импульсным закалочным охлаждением жидкостью/Г.Ф.Бетеня, Г.И.Анискович //Вестник БарГУ/ - 2013, вып.1 – С.152-159.

10. ГОСТ 8233-56. Сталь. Эталоны микроструктуры [Текст. - введ. 1957-07.01. - М.: Изд-во стандартов.1960.- 4с]

11. Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: учебник для вузов /Арзамасов, Б.Н и др. – Изд. 8-е – Москва: Изд-во МГТУ, 2008. - 648с.

УДК 372.862

# НЕБОЛЬШОЙ ЭКСКУРС ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВВТ»

И.Л. Аравин, канд. ист. наук, доцент
*Новосибирский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии*

***Аннотация.*** В работе рассмотрены ряд положений по организации изучения эксплуатации вооружения и военной техники в военной академии бронетанковых войск в 80-х годах прошлого столетия.

***Ключевые слова:*** эксплуатация, вооружение и военная техника, слушатели.

Дисциплина «Эксплуатация и восстановление вооружения и военной техники» составляла основу практической и организаторской подготовки слушателей факультета заочного обучения командного профиля военной орденов Ленина и Октябрьской революции, Краснознаменной академии бронетанковых войск имени маршала Советского Союза Р.Я. Малиновского к работе в войска по обеспечению эффективной эксплуатации, восстановления и высокой боевой готовности вооружения и военной техники (ВВТ) в танковых (мотострелковых) частях, соединениях и объединениях Советской Армии. Для успешного выполнения функциональных обязанностей выпускники профиля заочного обучения должны были обладать определенными специальными знаниями по вопросам организации эксплуатации и восстановления вооружения и военной техники в части и соединении.

Применительно к дисциплине кафедры эксплуатации бронетанковой техники слушатели командного профиля заочного обучения должны были овладеть:

основными положениями по организации эксплуатации ВВТ в мирное время и методами управления, использования, обслуживания, хранения парка машин части и соединения;

научными методами эксплуатации ВВТ и обучения высокой боевой готовности объектов частях различной организационно-штатной структуры;

способами эффективного обучения личного состава технической подготовке и вождению боевых машин с использованием современных технических средств.

При изучении дисциплины анализировалась современное состояние системы эксплуатации ВВТ, оценивалась роль в повышении ее эффективности и достижении цели. При этом слушателям с учетом имеющегося у них войскового опыта давались необходимые знания по прогнозированию основных направлений и тенденций развития систем эксплуатации для успешного решения задач по обеспечению высокой боевой готовности состояния ВВТ. Одновременно излагались основные положения по руководству процессом организации и управления эксплуатации ВВТ с использованием системного подхода.

С учетом использования передового опыта войск и достигнутых результатов в области военно-научных исследований обобщалась практика применения теории эксплуатации сложных технических устройств военного назначения для решения проблемных вопросов повышения боевой готовности, обеспечения высокой эффективности пользования парка машин для решения задач боевой подготовки войск, совершенствования системы и методики технической подготовки и обучения вождению личного состава.

Полученные теоретические знания позволяли выпускникам целенаправленно и обоснованно готовить и принимать решения по организации и управлению эксплуатацией, по достижению поставленных целей при обучении личного состава в установленные сроки.

Главной целью дисциплины ставилось – доведение знаний основ организации и управления эксплуатацией, способов сокращения сроков приведения объектов в готовность к боевому применению, определяющих положений по системе и методике обучения личного состава технической подготовке и вождению боевых машин. задачи дисциплины состояли в подготовке слушателей по теоретическим вопросам организации и управления обслуживанием, хранением, бронетанкового вооружения, автомобильной техники, ракетно-артиллерийского вооружения и военной техники в полную боевую готовность при различных ситуациях, маршевой подготовки войск, применения эффективных способов и средств при обучении личного состава.

В результате изучения дисциплины слушатели командного профиля заочного обучения должны были знать организацию эксплуатации и восстановления ВВТ в соответствии с требованиями руководящих документов; эксплуатационные свойства боевых и колесных машин и рациональные режимы работы, обеспечивающие полное использование их боевых и технических возможностей и безаварийную работу; научные методы и эксплуатационные мероприятия по обеспечению высокой боевой готовности ВВТ, способы сокращения сроков подготовки машин к выходу и средства автоматизации управления выхода из парков; систему и методику обучения технической подготовке и вождению; мероприятия по повышению маршевых возможностей подразделений с различным вооружением и военной техникой; систему и методику проведения осмотров ВВТ и проверки их боевой готовности должностными лицами; требования руководящих документов и передовой опыт войск по совершенствованию эксплуатации и эффективному обучению личного состава. При этом, по итогам обучения слушатели должны были уметь планировать и проводить мероприятия, обеспечивающие постоянную готовность и боеспособность ВВТ, в любой сложной обстановке с использованием штатных сил и средств технического обслуживания, ремонта и эвакуации; оценивать технические возможности машин для обеспечения маршевых передвижений и операций современного боя; планировать эффективную эксплуатацию в интересах обеспечения готовности воинских частей; организовывать и проводить смотры ВВТ, квалифицированно проверять и оценивать готовность машин; организовывать техническое обслуживание и руководить им; водить боевые машины в различных условиях с выполнением нормативов для специалистов повышенной классности; организовывать переподготовку личного состава на новую технику. Кроме того, выпускники знакомились со способами и средствами перевозок;

основными направлениями совершенствования ВВТ; научными основами построения системы комплексного технического обслуживания объектов ВВТ.

Таким образом, изучение дисциплины должно было подготовить выпускников командного профиля к выполнению функциональных обязанностей по руководству эксплуатацией вооружения и военной техники в условиях боевых действий войск и в мирное время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдейный Ю.А., Колесников А.И., Сидоренко Р.В. Единая система комплексного технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники СА и ВМФ – М.: ВАБТВ, 1986. – 47 с.

2. Москалев В.С. Методические указания по изучению дисциплины Эксплуатация ВВТ – М.: ВАБТВ, 1988. – 27 с.

3. Сидоренко Р.В., Москалев В.С. Основные положения о порядке эксплуатации техники в мирное время: Учеб. пособие. – М.: ВАБТВ, 1982 – 12 с.

УДК 62.34 : 628. 18

## ОБ УСТАНОВКЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДЛЯ НАСОСОВ ВОДОСНАБЖАЮЩИХ СТАНЦИЙ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

П.И. Дерунов, студент
А.Ю. Кузнецов, канд. тех. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Статья о технологическом и экономическом преимуществе установке частотно-регулируемого электропривода для водоснабжении в сельской местности.

***Ключевые слова:*** частотно-регулируемый электропривод.

Насосы для перекачивания чистой, а также сточной воды и других жидкостей потребляют до 25% всей вырабатываемой электроэнергии. Работа этих систем характеризуется неравномерностью потребления воды, тепловой энергии, в течение суток зависит от погодных условий и времени года.

Мощность насосов водоснабжения работает на сеть с противодавлением, а статическое давление в сети не менее 20 % от общего набора Н.

Требуемое давление на выходе из насосной станции составляет: [1]

$$H = H_c + S + Q^2, \quad (1)$$

Формула (1) характеризует систему водоснабжения, однозначно оценивая напор, необходимый на выходе насосной станции для подачи воды самому дальнему потребителю в зависимости от количества воды, забираемой из системы.

Производительность насоса оценивается произведением величины давления, обеспечиваемого им за короткое время, на скорость вращения естественной пропорциональности:

$$Q = H \times g, \quad (2)$$

где, g – ускорение свободного падения, м/с$^2$.

Предполагая, что вода подается одним насосным агрегатом, подобранным по максимальному напору и производительности (наиболее распространенный вариант), можно предположить, что при значениях забора воды меньше максимального этот насос будет создавать избыточное давление в системе - Н. Это опасное для трубопроводной системы давление может в несколько раз превышать требуемое.

Для борьбы с явлением наиболее распространенным методом является дроссельное регулирование – уничтожается избыточное давление на выпускном клапане из насосной станции [2]. Когда он накрыт, создается сопротивление потоку воды. Производительность системы при заданном количестве забора воды соответствует производительности насоса.

Проблема решается использованием метода контроля скорости вместо троттлинга. В этом случае выполняются следующие условия:

$$Q \equiv \omega, \left[\frac{\text{м}^3}{\text{с}}\right]; \quad (3)$$

$$H \equiv \omega^2, [\text{м}]; \quad (4)$$

$$P = \omega^3, [\text{Вт}]; \quad (5)$$

Таким образом, если требуемый расход составляет 80 % от обязательного, то требуемая скорость также составляет 80 % от требуемой; давление падает до 64% абсолютного; входная мощность 51% от максимальной.

Так как при дроссельном регулировании расхода воды давление в регулировании возрастает, а снизить потребляемую мощность практически невозможно, это требует особого внимания.

Так как рост стоимости электроэнергии опережает стоимость других затрат, проблема энергосбережения при эксплуатации насосов для холодной и горячей воды, а также для перекачки других жидкостей становится первостепенной. Дополнительным аргументом в пользу необходимости внедрения энергосберегающих технологий на насосных станциях являются значительные потери воды в системе водоснабжения, чему способствует повышение давления в системе при дроссельном управлении насосами.

Для регулирования асинхронного электродвигателя, в водоснабжении, используется частотная регулировка с векторным уравнением.

Такой вид регулирования используется для создания требуемый напор для водозабора, путём поддержания достаточной скорости вращения ротора насоса. При этом изменяется производительность насосного агрегата, но не характеристика системы.

Возможности энергосберегающего управления при регулировании скорости электропривода, по сравнению с дроссельным регулированием. В зависимости от скорости насос работает с уменьшающимся расходом. Мощность, потребляемая электроприводом, в этом случае значительно снижается в соответствии с формулой:

$$P = \frac{Q \times H \times g \times \rho}{\eta_n \times \eta_H} \quad (6)$$

где, g – ускорение свободного падения, м/с$^2$; ρ – плотность жидкой среды, кг/м$^3$; $\eta_H$ – к.п.д. насоса отн.ед.; η – к.п.д. передачи, отн. ед.

Следует отметить, что для точного регулирования необходимы два параметра: напор и расход воды на выходе из насосной станции, а, что оптимально, в самой активной точке системы.

Но применение для насосной установки векторного уравнения с однозонным регулированием позволило решить данную проблему.

На данный момент идёт исключение, из структуры электропривода с векторным уравнением, датчиков механического движения и магнитного состояния, что возможно за счёт привлечения методов идентификации и организации оценки выходных динамических переменных. Для измерения доступны все координаты состояния объекта, то управление, вырабатываемое регулятором, носит характер линейных преобразований, который соответствует компонентам вектора пространства состояний и управляющих воздействий. Этого ,на практике, вполне достаточно для удержания давления в системе водоснабжения на необходимом уровне. В противном случае для получения недостающих данных необходимо восстановление или оценка по измерениям в системе, при этом не исключается использование асинхронных электроприводов с мощностью более 70 кВт с двузонным регулированием скорости или больших системах водоснабжения.

Как правило, для водоснабжения в районах ПГ электродвигатели устанавливают с большим запасом мощности, исходя из максимальной производительности оборудования, несмотря на то, что пиковые часы составляют лишь 15 - 20 % от общего времени его работы. В результате двигатели с постоянной скоростью потребляют в среднем до 60% больше электроэнергии в день.

Отсюда следует, что основными резервами экономии электрической энергии являются широкомасштабное использование энергосберегающей электроэнергии (30 - 50%), путь - оснащение электродвигателей частотными преобразователями, позволяющими регулировать частоту их вращения. в зависимости от реальной нагрузки. При этом не требуется замена штатного электродвигателя, что особенно важно при реконструкции объектов. [2]

*Таблица 1*

Сравнение мощности центробежного насоса, потребляемой электроприводом (Р = 4,8 кВт), при различных способах управления, приведено в табл. 2. Мощность, потребляемая электроприводом.

| Способ регулирования | Q | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 |
| 1. При дроссельном регулировании Р1. | 0 | 0,22 | 0,44 | 0,66 | 0,88 | 1,1 |
| 2. При частотном регулировании с векторным управлением Р1. | 0 | 0,01 | 0,08 | 0,24 | 0,56 | 1,1 |

Важным преимуществом регулируемого электропривода является снижение функционального состояния, что имеет ряд последствий:

-снижение значения пусковых токов электродвигателей до нормативного уровня и, как следствие, устранение вредного воздействия этих токов на питающую сеть;

-Практическое исключение из работы дросселей, заслонок, различных типов клапанов;

- исключение гидроударов в гидросети;

- продление срока службы подшипников и других вращающихся частей, так как производительность, наличие частоты увеличивается, уменьшаются замедления скоростей.

После проведенных авторами исследований можно сделать вывод, что экономический эффект от снижения эксплуатационных расходов как минимум сопоставим с эффектом от прямого энергосбережения. Итак, важнейшее преимущество применения частотных преобразователей в подпорных насосах горячего и холодного водоснабжения позволило сэкономить 10-15% воды и 8-10% тепловой энергии.

При внедрении частотно-регулируемого асинхронного электропривода снижается экономия электроэнергии, с увеличением статического напора. При этом Частотно-регулируемый электропривод (ЧРЭ) позволяет экономить и электрическую энергию, и тепловую, при этом снизить электрическую нагрузку в часы максимального использования, экономить воду, а так же регулировать температурный режим потребления в соответствии с требованиями санитарно-гигиенических норм.

При любом значении статического напора АСУ ТП поддерживает постоянное давление в системе независимо от расхода, что позволяет избежать ненужных избыточных давлений, присущих дроссельному регулированию. Это очень важно, так как при подаче воды в существующие системы, не находящиеся в аварийном состоянии, каждая избыточная атмосфера вызывает дополнительные 5–10 % потерь воды из-за утечек [1].

Несомненно, использование эффекта ПДЭ в насосных агрегатах ПГ является социальным фактором, заключающимся в том, что вода присутствует на верхних этажах

здания в любое время суток (в отличие от шума низкой энергоэффективности) при выключении подпорного насоса в ночное время), а также снижение от работающего насоса, так как насос в основном работает на случайных скоростях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов Г.Г, Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: Академия. 2006 – 262с.
2. Осипов О.И. Техническая диагностика автоматизированных электроприводов/О.И. Осипов, Ю.С. Усыпин – М.: Энергоатомиздат, 1991.-160с.
3. Панкратов В.В, Энергооптимальное векторное управление асинхронными электроприводами. /В.В. Панкратов, Е.А. Зима. – Новосибирск: НГТУ, 2005. – 120с.

УДК 621.0

## 3D ПЕЧАТЬ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Э.Т. Левин
А.А. Леонов, кандидат технических наук, доцент
*Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия*

***Аннотация.*** Рассмотрена краткая история развития технологий 3D печать, рассмотрены наиболее распространенные технологии применяемые сегодня, выявлены достоинства и недостатки рассмотренных технологий, проведен анализ технологии 3D печати применительно к отрасли машиностроения.

***Ключевые слова:*** машиностроение, 3D печать, аддитивное производство.

История 3D печати начинается в 50е года XX века когда Чарльз Халл проводил первые попытки создать стериографию. Однако название 3D печать было дано профессором Массачусетского университета Эмануэлем Саксом который разработал процесс известный как струйная печать на связующем.

Процесс струйной печати на связующим является лишь одним из нескольких технологий, созданных в 80-90х годах XX века в данной области которую теперь принято называть аддитивным производством, что означает производство на основе слоев. За последние 30 лет произошел значительный прорыв в области технологии 3D печати. И сейчас есть возможность печати, как мелких металлических или пластиковых деталей машин так и целых зданий из цемента или даже органов.

Технологии трехмерной печати вызывают все большую заинтересованность предприятий, что можно заметить по увеличивающемуся с каждым годом количеству стендов, с данной технологией, на научных и технических выставках.

Машиностроение одна из ключевых отраслей мировой экономики. Для нее критически важна разработка и внедрение новейших инженерных решений. Технологии печати трехмерных объектов являются одним из самых универсальных инструментов для решения инженерных задач, связанных с созданием экспериментальных прототипов. Совершенствуясь они с каждым наращивают свою эффективность, сокращая этим издержки предприятий.

В пример можно привести создание тестовой модели. На 3D принтере даже самые сложные детали возможно воспроизвести за часы, в то время как классические методы заняли бы недели или месяцы и обошлись бы гораздо дороже. Помимо этого 3D печать способна решать другие задачи. Например функциональное тестирование и прототипирование. Это изготовление технических прототипов для отработки конструкции изделий, проведение технологических экспериментов, проверка изделий на эргономичность,

создание мастер-моделей для литья, в том числе по выплавляемым и выжигаемым моделям, быстрое изготовление оснастки, производство формообразующих элементов, пресс-форм для литья термопластов и легких материалов, изготовление функциональных деталей для разнообразных агрегатов и узлов, создание сложных конструкций, в том числе цельных, которые ранее собирались из многих элементов.

Рассмотрим более подробно некоторые успешные реализации технологии 3D печати в целях прототипирования.

Компании VTT и Nurmi cylinders, разработали гидравлические клапаны новой конструкции. За счет нового способа изготовления и дизайна удалось значительно снизить расход материалов (рис 1).

Компания Jurec занимающаяся созданием прототипов. Использовала в создании смесителя газа и жидкости технологию SLM печати. Изначальный механизм смесителя предполагал 12 деталей. Применение технологии 3D печати позволило уменьшить количество деталей до одной. Время производства уменьшилось вдвое. Себестоимость уменьшилась на 73% (рис 2).

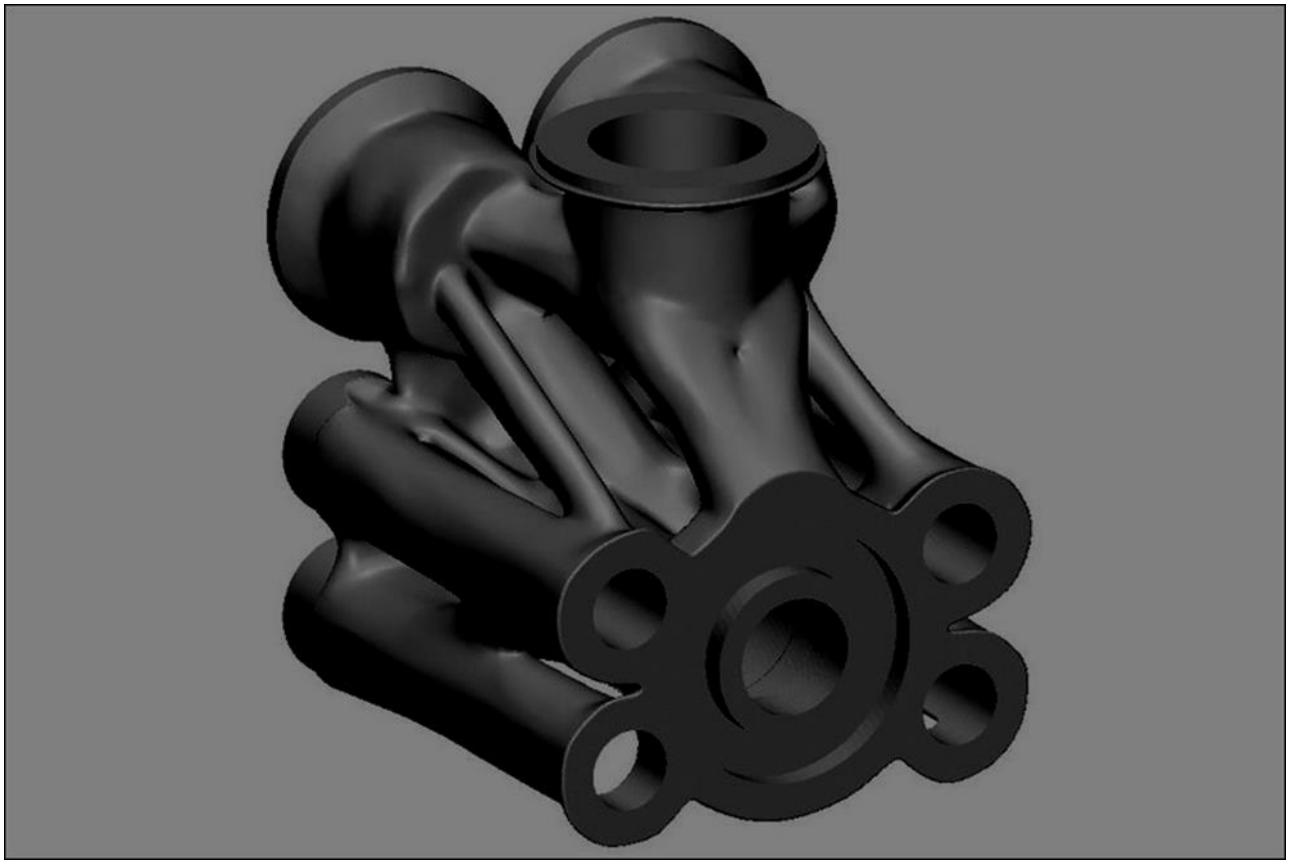


Рисунок 1. – Блок клапанов инновационной конструкции созданный с применением технологии 3D печати.

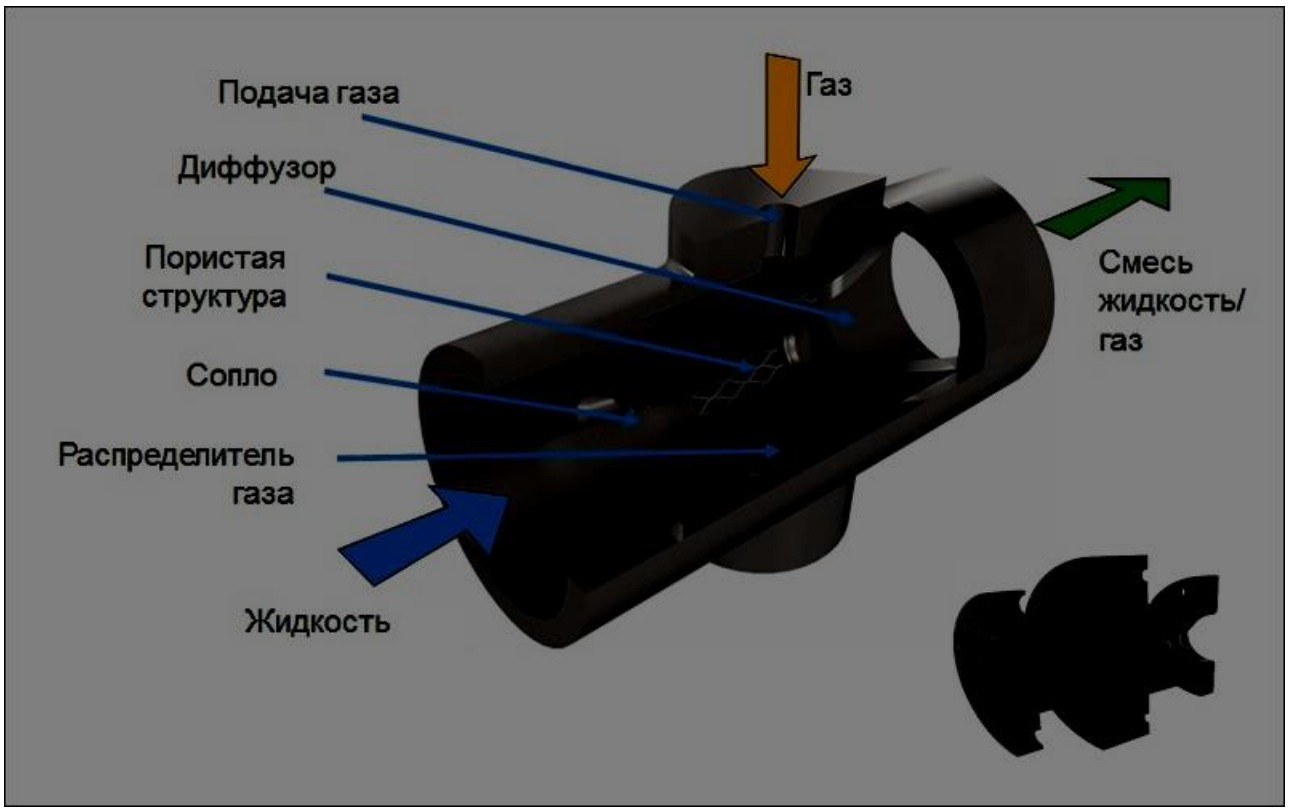



Рисунок 2. – Смеситель газа и жидкости созданный с помощью технологии SLM печати.

Для литейных предприятий оборонительной и аэрокосмической отросли компания Vaupell разрабатывает производственные решения на основе лазерного стереолитографического 3D принтера (SLA). Благодаря специальному фотополимеру способном к тонкостенной печати предприятия почти избавились от затрат на литейные модели.

Рассмотрим разновидности технологий 3D печати.

-SLA или лазерная стериолитография от других технологий ее отличает жидкий фотополимер используемый в качестве материала для построения модели. К плюсам можно отнести крайне высокую точность печати и ее скорость зависящею лишь от высоты модели. К минусам можно отнести необходимость промывать полученную модель в спирте.

-FDM самая дешевая и распространенная технология среди 3D принтеров, домашние принтеры как правило принадлежат именно к ней. Принтер печатает прутком расплавленного пластика обычно PLA но при необходимости могут быть использованы и другие разновидности. В том числе и с металлическими добавлениями. К плюсам относиться дешевизна, простота обслуживания, широкий спектр решаемых задач за счет применения разных пластиков. Минус низкая точность относительно других принтеров.

-SLM Селективное лазерное плавление – одна из технологий 3D-печати металлом, которые способны с успехом дополнять классические производственные процессы. Оно дает возможность изготавливать объекты, превосходящие по физико-механическим свойствам продукты стандартных технологий. С помощью SLM-технологии можно создать сложно профильные изделия без использования механической обработки и дорогой оснастки, в частности, благодаря возможности управлять свойствами изделий. Печать с высокой точностью благодаря лазерному лучу и использование металла как материала для создания слоев позволяет создавать цельные детали сложнейшей внутренней конфигурации, которые подчас невозможно изготовить цельными при помощи классических технологий производства. Высокие физико-механические свойства напечатанных изделий позволяют им

быть использованным в действующих механизмах, что открывает огромные возможности перед опытно-испытательными и опытно-конструкторскими коллективами.

Однако несмотря на успешные случаи реализации аддитивных технологий у них остается ряд слабых мест: Малое количество специалистов, дороговизна оборудования и материалов в большинстве случаев, сравнительно низкая скорость производства, именно простых стандартных изделий с простой геометрией.

Из выше указанного можно сделать вывод что в некотором роде время аддитивных технологий еще не пришло. Сейчас они способны брать на себя ряд специфических задач и в руках компаний являются тонким инструментом разработки и расширения узких мест производств. И ближайшее время едва ли статус 3д печати измениться. Однако с появлением технологий печатью жидким металлом сложных конструкций не требующих дополнительной постобработки и высокими физическими характеристиками. А так же появления большего количества специалистов положение дел может карденально измениться.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития. The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics [Электронный ресурс]. URL: https://books.google.ru/books?id=TYDcAwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false .

2.Кристофер Барнат. 3D печать: третья индустриальная революция. [Электронный ресурс]. URL: https://devby.io/news/3d-pechat-tretya-industrialno-tsifrovaya-revolyutsiya?ysclid=la7gs6i5w1411386289.

3. Аддитивные технологии и 3D-сканирование в машиностроении: 7 историй успеха. [Электронный ресурс]. URL: https://blog.iqb.ru/3d-technologies-in-machine-industry/.

4.Особенностей селективного лазерного спекания (SLS). [Электронный ресурс]. URL: https://blog.iqb.ru/sls-technology/

УДК 628.9

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАМП ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОЙ ЛАМПЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А.Л. Лисина, студентка
П.В. Исупов, студент
А.В. Рудый студент
Д.С. Болотов, преподаватель
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье содержатся результаты сопоставления светового потока (прямого и бокового) светодиодных ламп эквивалентных люминесцентной лампе на 36Вт со световым потоком базовой люминесцентной лампы на 36 Вт.

***Ключевые слова*:** световой поток, люксметр.

**Введение.** В помещениях перерабатывающих предприятий по-прежнему широко применяются светильники, в которых в качестве источника света используются люминесцентные лампы. Известно, что первые образцы данных ламп были разработаны ещё в начале 40-х годов [1] и до настоящего времени кардинальных изменений в конструкции не произошло. Однако и при этом, с позиции энергоэффективности данная лампа эффективнее классической лампы накаливания в среднем на 80 %, а с позиции ресурса превосходит в 15

раз, так как ресурс современных образцов люминесцентных ламп составляет до 15 тыс. часов. Долгие годы конкурентов в области освещения предприятий при высоте подвеса до 6 метров у люминесцентных ламп не было, однако с появлением светодиодных аналогов данных ламп возникла возможность выбора источника света для штатных люминесцентных светильников, которые эксплуатируются в помещениях перерабатывающих предприятий и д.р. Всего таких аналогов два вида: светодиодная лампа с матовой колбой трубчатого типа и светодиодная лампа с прозрачной стеклянной колбой трубчатого типа. Обе лампы имеют габариты аналогичные классической люминесцентной лампе, а так же аналогичные двухштырьковые цоколи G-13 по краям лампы. Способ подключения в сеть у таких ламп отличается от схемы включения люминесцентной лампы в сеть. В частности дроссель и стартер, либо электронная пускорегулирующая аппаратура для включения в сеть светодиодных аналогов не требуется – что является как преимуществом, так и недостатком. С одной стороны это исключает дополнительные узлы из питающей сети, что является достоинством и упрощает процедуру поиска неисправностей в светильниках с такими лампами. Ну, с другой стороны при переходе с люминесцентных ламп на светодиодные аналоги необходимо вносить изменения во внутреннюю схему светильника, а именно перераспределять подходящее напряжение из питающей электросети так, чтобы фаза приходила на контакты одного цоколя, а ноль – на контакты противоположного цоколя. Ну, в общем, схема становится значительно проще, поэтому высокой квалификации исполнителей не требует, то есть достаточно будет знаний и навыков штатного электромонтера, который есть практически на каждом перерабатывающем предприятии. При сравнении паспортных светотехнических и электротехнических характеристик люминесцентных ламп и упомянутых выше их светодиодных аналогов можем отметить, что по заверениям производителей светодиодные являются аналогами по светотехническим характеристикам люминесцентным, но при этом практически в два раза экономичнее по потреблению электроэнергии. Поскольку в наших предыдущих работах по сравнительному исследованию лампы накаливания и ее аналогов было установлено, что заявленные производителем паспортные и фактические светотехнические характеристики у ламп и их светодиодных аналогов могут существенно различаться, то было решено провести такое сравнительное исследование и для классических люминесцентных ламп и их светодиодных аналогов.

Цель данной работы – определение фактических светотехнических характеристик светодиодных ламп эквивалентных люминесцентной лампе и оценка возможности их применения в светильниках, спроектированных под люминесцентные лампы.

**Методика и результаты исследований.** Основным светотехническим показателем ламп является световой поток, а электротехническим – номинальное напряжение, род тока и потребляемая мощность. Эмпирически световой поток ($F$) люминесцентной лампы или её светодиодного аналога может быть установлен с применением люксметра Ю-116 или его аналогов [2, 3]. Поскольку люксметр – это прибор, который предназначен для измерения освещенности, то на этапе установления $F$ лампы требуется производить вычисление $F$ на основе численных значений освещенности, которая установлена путем измерений на фиксированном расстоянии от анализируемой лампы. Расчёт $F$ люминесцентной лампы и их светодиодных аналогов на основе измеренной освещенности, создаваемой ею, предполагает оперирование формулой:

$$F = \frac{2\pi^2 hlE_A}{(\alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2})\cos^2\gamma}$$

где $\boldsymbol{h}$ - высота расположения светящейся линии над освещенной поверхностью (рис. 1); $\boldsymbol{l}$ - длина лампы, м; $\boldsymbol{E_A}$ - освещенность в исследуемой точке А, лк; $\boldsymbol{\alpha}$ - угол, под которым видна светящаяся линия из точки расчета (в радианах); $\boldsymbol{\gamma}$ - угол от светящейся линии до измеряемой точки [3, 4].

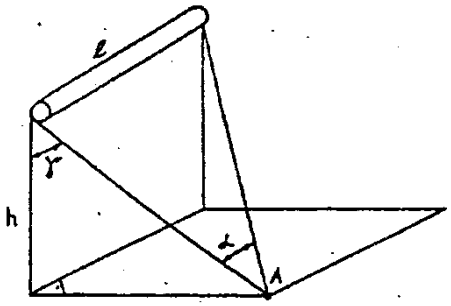
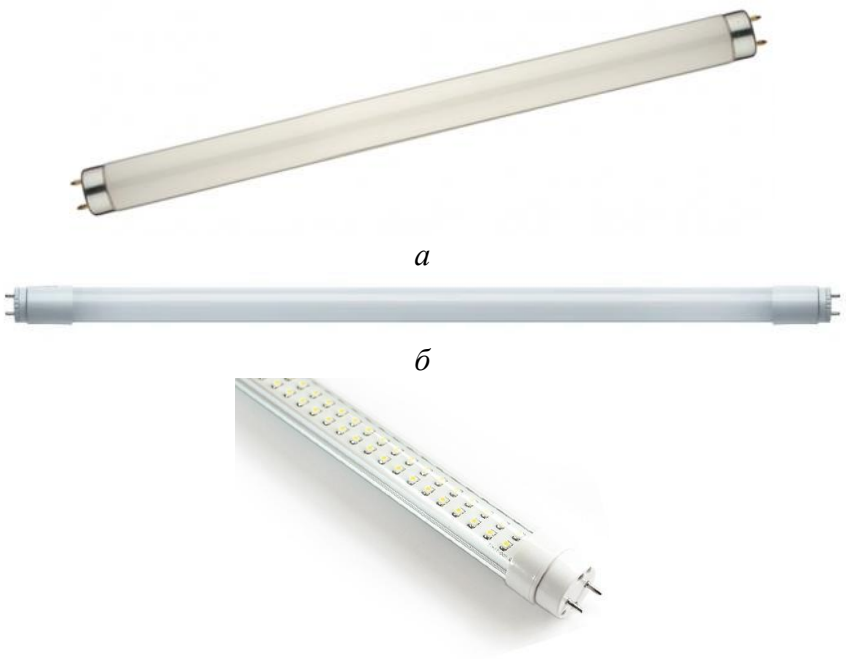



*Рис. 1. Расчетная схема для определения светового потока люминесцентной лампы* [4]

В ходе исследования определялся фактический *F* для следующих ламп: 1) люминесцентной лампы на 36 Вт (люминесцентная ЛДЦ-36 36W 4000 К 1520 лм 1200 мм (рисунок 2а); 2) светодиодной лампы аналога с матовой колбой трубчатого типа на 18 Вт (LED-T8RG 18Вт 220В G13 6500К 1600Лм 1200мм матовая ASD) (рисунок 2б); 3) светодиодная лампа с прозрачной стеклянной колбой трубчатого типа на 18 Вт (LED-T8 18Вт 230В G13 4000К 1440Лм 1200мм прозрачная ASD) (рисунок 2в).



*а*

*б*

*в*

*Рис. 2. Люминесцентная лампа и её светодиодные аналоги (эквиваленты): а – люминесцентная лампа; б – светодиодной лампы аналога с матовой колбой трубчатого типа на 18 Вт; в – светодиодная лампа с прозрачной стеклянной колбой трубчатого типа на 18 Вт*

Для получения экспериментальных данных использовали следующее: люксметр Ю-116, многофункциональный измеритель К-505, цифровой мультиметр АРРА-305, а так же линейку длинной 1м. Процесс измерения светотехнических характеристик лампы показан на рисунке 3.



*Рис. 3. Измерение светотехнических характеристик люминесцентных ламп и их аналогов*

Фоточувствительный элемент люксметра располагался двумя способами: 1) под исследуемой лампой на фиксированном от неё расстоянии; 2) сбоку от вертикальной центральной оси лампы на аналогичном фиксированном расстоянии от неё.

В итоге $F$ для анализируемых ламп при расположении фотоэлемента люксметра на фиксированном расстоянии под лампой ($F$ лампы в прямом направлении) при номинальном напряжении питающей сети 220 В составил: для люминесцентной лампы $F$ = 1505 лм; для светодиодной лампы аналога с матовой колбой трубчатого типа на 18 Вт $F$ = 1475 лм; для светодиодной лампы с прозрачной стеклянной колбой трубчатого типа на 18 Вт $F$ = 2710 лм.

$F$ для анализируемых ламп в боковом направлении центральной оси лампы на фиксированном от неё расстоянии при номинальном напряжении питающей сети 220 В составил: для люминесцентной лампы $F$ = 1505 лм; для светодиодной лампы аналога с матовой колбой трубчатого типа на 18 Вт $F$ = 1045 лм; для светодиодной лампы с прозрачной стеклянной колбой трубчатого типа на 18 Вт $F$ = 245 лм.

**Выводы**

Анализируя данные, полученные в рамках экспериментов, отметим, что ни одна из светодиодных ламп эквивалентов люминесцентной лампы не обеспечивает $F$ в боковом направлении равный либо больший чем у люминесцентной лампы и, соответственно, они по этому параметру не являются её полными аналогами (эквивалентами). Наиболее близким по $F$ в боковом направлении к люминесцентной лампе является светодиодная лампа с матовой колбой трубчатого типа, однако, при этом ее световой поток почти на 31% меньше, чем у люминесцентной лампы. У светодиодной лампы с прозрачной колбой трубчатого типа он меньше чем у люминесцентной на 84%. По $F$ в прямом направлении всех превзошла светодиодная лампа с прозрачной стеклянной колбой трубчатого типа на 18 В, у которой $F$ на 80 % больше, чем у люминесцентной лампы. У светодиодной лампы с матовой колбой и у люминесцентной лампы отклонение по $F$ в прямом направлении менее 1 %, т.е. в данном случае их можно рассматривать как эквиваленты (аналоги) по светотехническим характеристикам. При сравнении результатов измерений $F$ с паспортными характеристиками представленных ламп отметим, что все фактические показатели их отличаются от, заявленных производителем. Установлено, что распределение света у анализируемых ламп различается. В случае с люминесцентной лампой оно ближе к равномерному, а для светодиодных аналогов оно прямое (в случае со светодиодной лампой с прозрачной стеклянной колбой трубчатого типа) и преимущественно прямое (в случае со светодиодной лампой с матовой колбой трубчатого типа).

На основе этого можно сделать вывод, что для обеспечения соблюдений нормы освещенности на рабочих местах необходимо тщательно подбирать источники света, и ссылаться в этом вопросе на техническое описание производителя не верно. Любая лампа-эквивалент (аналог) люминесцентной лампы должна перед её установкой в светильник (спроектированный под люминесцентные лампы) быть исследована на предмет соответствия её заявленных и фактических светотехнических и электротехнических характеристик. При

массовой закупке ламп эквивалентов (аналогов) люминесцентной лампы для выполнения замены используемых в светильниках люминесцентных ламп целесообразно производить выборочную закупку отдельных экземпляров таких ламп, для последующего их исследования (испытания), направленного на выбор наиболее подходящего (близкого) эквивалента люминесцентной лампы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энергоэффективное электрическое освещение: учебное пособие / С.М. Гвоздев и д.р.; под ред. Л.П. Варфоломеева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 288с.

2. Шашлов, А. Б. Основы светотехники [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А. Б. Шашлов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Логос, 2012. – 256с.

3. Акимова Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Н.А. Акимова, Н.Ф. Котеленец, Н.И. Сентюрихин; под общ. ред. Н.Ф. Котеленца. – 12-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2015. – 304 с.

4. Ляпин В.Г. Проектирование и энергоаудит электрического освещения. Учебное пособие / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2001. – 230с. (ПК).

5. Болотов, Д.С. Светотехника и электротехнологии: метод. указания для выполнения лабораторных работ № 1, 2, 3, 4 / Новосиб. гос. аграр. ун-т; Инженер. ин-т; сост.: Д.С. Болотов, В.Г. Ляпин, С.А. Никонов. - Новосибирск, 2019. – 39 с.

УДК 62.34 : 628. 18

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИССЛЕДОВАНИЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.

С.С. Малышев, студент,
А.Ю. Кузнецов, канд. тех. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Использование компьютеров для автоматизации испытаний, регулирования и исследования асинхронных электродвигателей.

***Ключевые слова:*** асинхронный электродвигатель, электропривод, автоматизация.

Использование компьютеров для автоматизации испытаний, регулирования и исследования асинхронных электродвигателей позволяет перевести их управление на новый современный уровень. Появление микропроцессорных систем позволило из-за их массы, малых габаритов, дешевизны, незначительной мощности потребления электроэнергии, и свойств программируемости функций решить проблему внедрения вычислительной техники в те области, в которых она ранее не использовалась.

Авторами была предпринята попытка использовать микропроцессорную систему для испытаний асинхронных электродвигателей и контроля за его работой, что особенно актуально в связи с почти повсеместным переходом ряда производственных направлений на асинхронные приводы с питанием от полупроводниковых преобразователей частоты (ППЧ).

Испытывался асинхронный короткозамкнутый электродвигатель мощностью 2,2 кВт. При испытании асинхронных двигателей с частотным управлением возникают значительные проблемы с измерением, а при управлении АД питающихся от ППЧ, с контролем несинусоидальных напряжений токов, и мощности при низких частотах широтноимпульсной модуляции (1-20 Гц). Электроизмерительные приборы в основном не рассчитаны на работу при таких условиях. Кроме того, одной из серьезных проблем при испытаниях и исследованиях работы частотно-регулируемого асинхронного электропривода является

крайняя затруднительность регистрации переходных процессов электромагнитных переменных, а также переходные процессы в цепях с сосредоточенными и распределенными параметрами, процессы в цепях с несинусоидальными периодическими и непериодическими напряжениями и токами, а в отдельных случаях и колебательные процессы в передаче от оси двигателя к исполнительному механизму [1].

Оптимизация всех факторов влияния на функционирование испытательного электропривода была осуществлена с помощью комплекса технических средств системы частотного регулирования с векторным управлением асинхронным короткозамкнутым двигателем мощностью 2,2 кВт. Автоматизация процесса испытаний и управления, ввода и вывода, и обработки цифровой и аналоговой информации проводилась на базе модуля платы К-302 российской фирмы. Плата имеет достаточно быстродействующий аналого-цифровой преобразователь(АЦП), а также цифро-аналоговый преобразователь(ЦАП), коммутатор для переключения измерительных каналов (до 32) и процессор AVKR-3007. Имеющиеся цифровые входы и выходы, позволяют управлять внешними устройствами. Для исследования кривых тока и напряжения на нескольких участках необходим компьютер с частотой не ниже 300 МГц.

На рисунке 1 показано подключение измерительных каналов платы к схеме испытаний и подключение исследуемого асинхронного двигателя (АД) к трёхфазной сети.

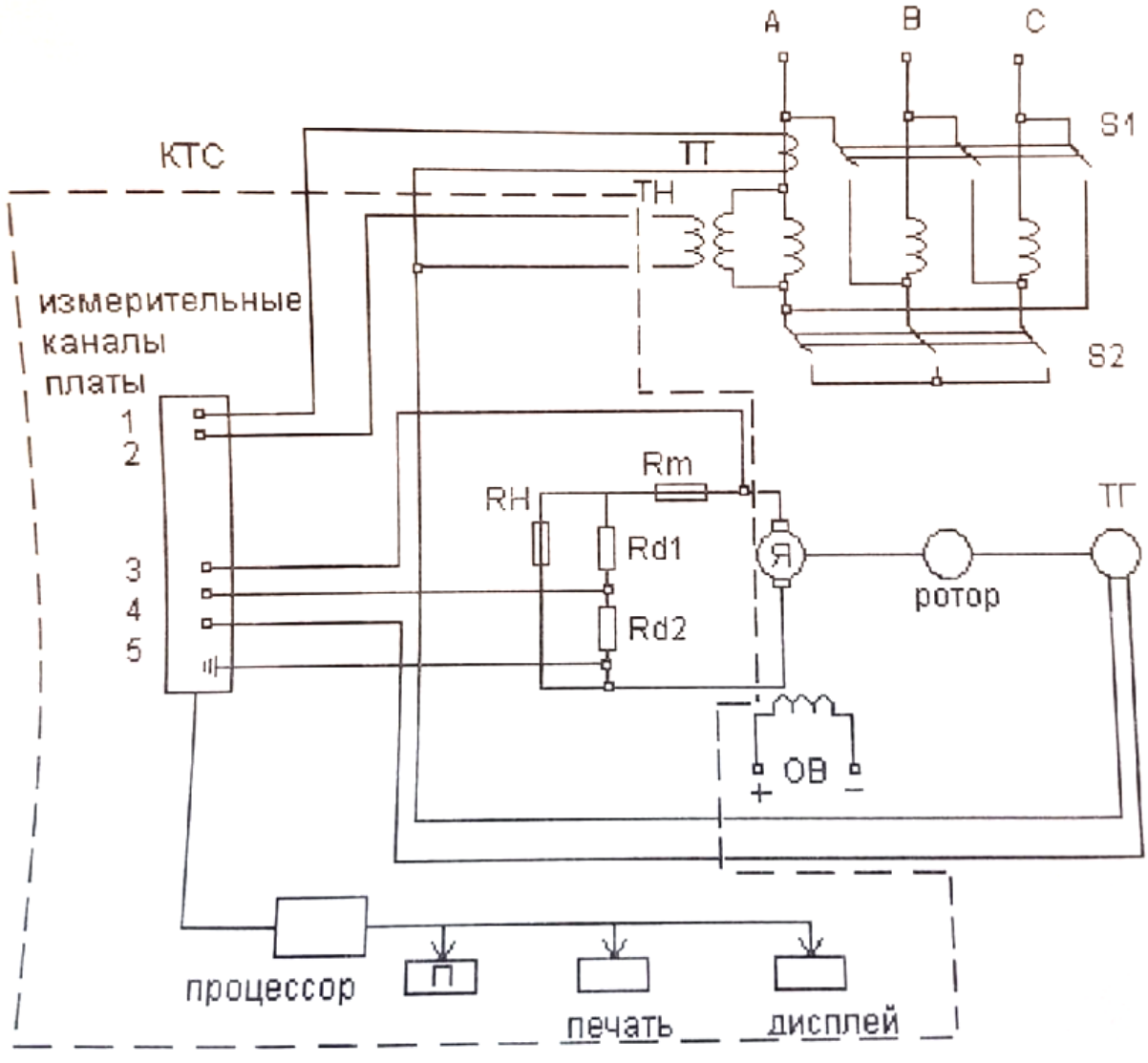



Рис 1.Схема цепей управления.

Разрабатываемая система испытаний и контроля включает в себя генератор постоянного тока (Я) для создания нагрузки на валу испытываемого АД, цифровой тахогенератор (ТГ) и трансформатор напряжения (ТН), дисплей для вывода оперативной информации о процессе испытаний, и текущей по запросам. Процессор позволяет выводить и вводить информацию при работе с комплексом технических средств, хранить и редактировать её.

В случае необходимости возможна установка устройств алфавитно-цифровой печати, предназначенных для внесения параметров автоматизированного испытания и контроля, а также других приборов и оборудования. На рисунке 2 показана схема работы цепей управления [2].

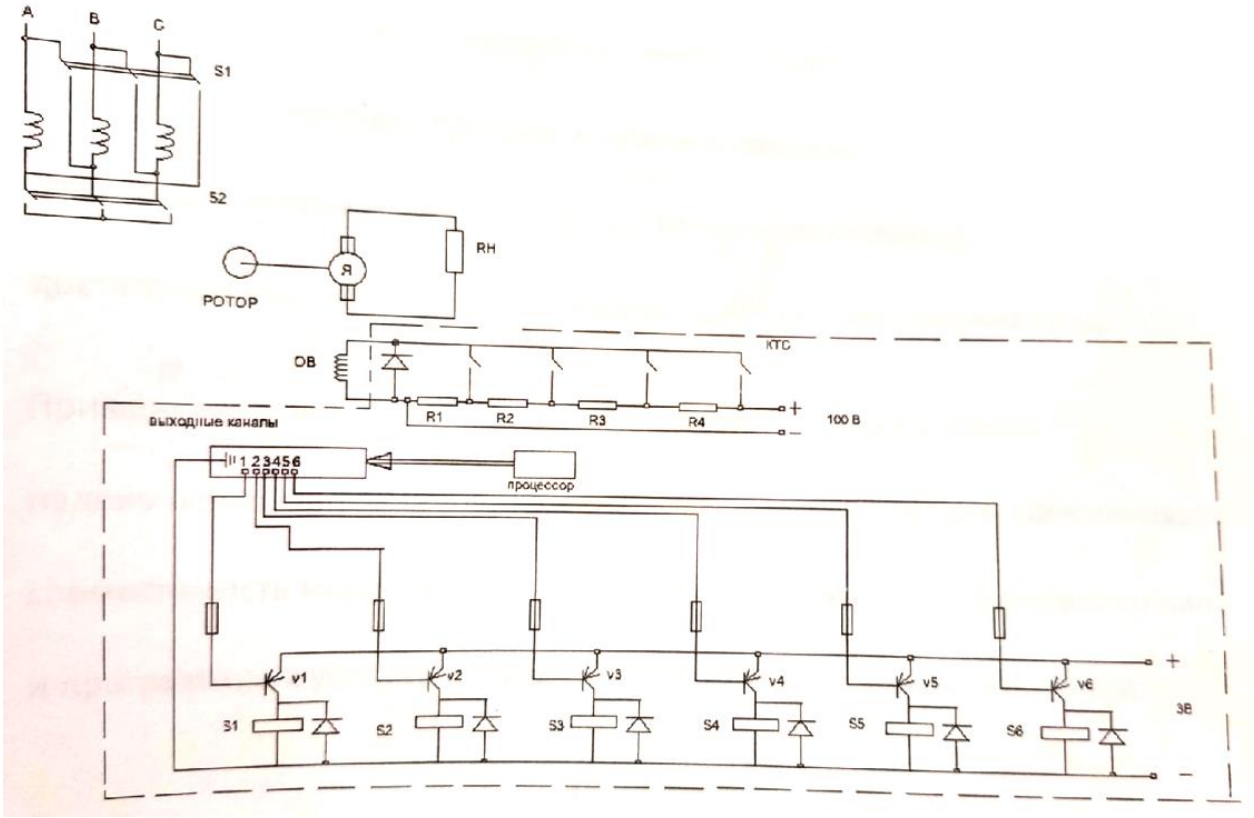



Рис. 2. Схема подключения асинхронного двигателя к трёхфазной цепи.

Схема предусматривает возможность переключения магнитным пускателем статорной обмотки АД с звезды на треугольник, а также регулирование тока якоря в генераторе постоянного тока, управляющего нагрузкой. Транзисторы $V_1$ - $V_6$ выполняют функцию усилителей.

Применение комплекса технических средств компьютерной технологии для испытания и контроля работы асинхронного электропривода позволило с большим быстродействием измерять и заполнять большие объёмы данных, обрабатывать их и автоматизировать ведение документации на отображающиеся результаты испытаний в виде графиков и таблиц.

Программное обеспечение, применяемого оборудования, включает в себя комплекс стандартных программ, прилагаемых к интерфейсной плате, требующих минимальной доработки, которую по силам выполнить достаточно квалифицированным пользователям программных средств [3].

Применённый комплекс технических средств обладает высокой надёжностью, широкими функциональными возможностями, обеспечивает совместимость модулей электрическом, функциональном и программном уровнях и позволяет управлять режимами испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осипов О.И. Техническая диагностика автоматизированных электроприводов/ О.И. Осипов, Ю.С. Усынин. Энергоиздат 2006. – 160 с.
2. Иванов Г.Я. Повышение уровня автоматизированного контроля и управления электроприводом/ Г.Я. Иванов 2001. – 80 с.
3. А.Ю. Кузнецов энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве 2008. – 50 с.

УДК 631.3(629.735)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДИК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОЛЕТНОГО ВРЕМЕНИ БПЛА

Н.В. Мамзин, студент
В.В. Тихоновский, канд. техн. наук, доцент
А.В. Сухосыр, старший преподаватель
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В современном мире, для работы все чаще и чаще приходят к использованию беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, дрон), на сегодняшний день рынок дронов, способен предоставить широкий выбор моделей для любого вида деятельности. При этом возникает проблема, что стандартные АКБ не способные к длительной работе. Возникает необходимость их замены на более мощные.

***Ключевые слова:*** полетное время, БПЛА, воздушный винт.

Большинство видов беспитлотников с базовой емкостью АКБ в 1500 mAh не способны длительное время находится в полете, из-за чего возникают трудности при работе. Так же множество факторов влияет на время полета устройства, одним из таких является температурные условия.

Рациональным способом является введение и использование новых АКБ, модернизация классических литий-полимерных аккумуляторов, а так же использование новых методик.

Целью данной работы является изучение актуальности введения перспективных технологий, модернизация классических БПЛА, за счет увеличения полетного времени.

Актуальность работы обоснована необходимостью увеличение полетного времени БПЛА, без ущерба его рабочих свойств.

Научная новизна работы заключается в теоретическом изучении плюсов и минусов методов совершенствования беспилотников.

На эффективность использования БПЛА влияет множество факторов таких как емкость АКБ, вес аппарата и т.д. так и факторы которые мы можем учесть но при этом не можем никак на них повлиять, к ним относятся погодные и температурные условия. Основными задачами в эксплуатации дронов можно назвать, съемку и мощность (в плане скорости) [1] .



Рисунок 1. Классический БПЛА

Опыт применения БПЛА показывает, что увеличение емкости АКБ, может ненадолго увеличить время полета, но в тоже время при увеличении емкости возрастает масса, что негативно сказывается на полетных характеристиках.

Решить данную проблему возможно несколькими способами начиная от облегчения конструкции, заканчивая сменой двигателей. В конечном итоге это позволит увеличить время полета летательного аппарата.

На данный момент, существует ряд методик по повышению полетного времени, что подтверждает техническую новизну, изобретательский уровень и промышленную применимость. В данной статье приводится обзор исследований по повышению полетного времени БПЛА.

С целью повышения полетного времени, широко используют различные методики, первая это снижение веса путем разбора БПЛА, снятия защиты пропеллеров (рис. 2), фильтров объектива, и даже камер, если съемка не требуется в полете. Любой дополнительный вес приводит к более высокому потреблению энергии, уменьшает общее время полета, снижает маневренность.[2]

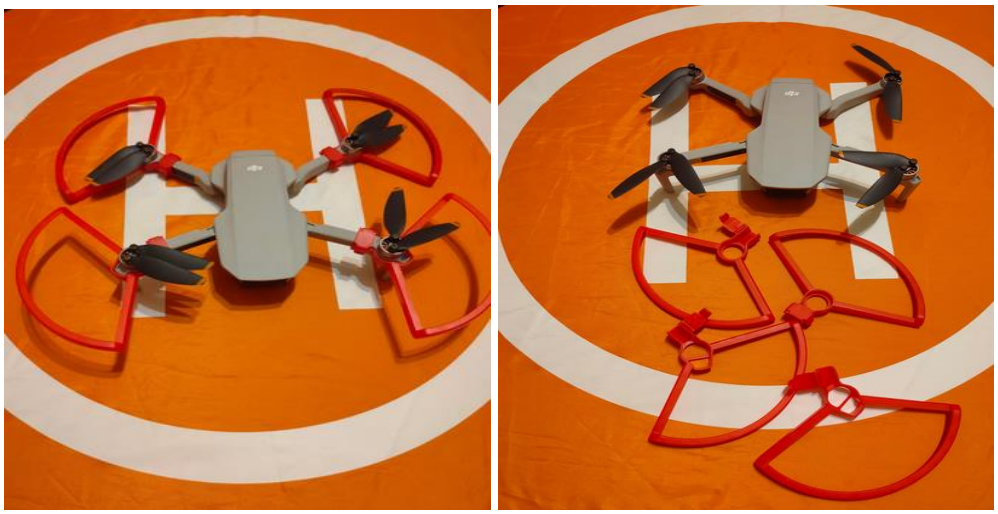


Рисунок 2. Снижение веса БПЛА путем снятия защиты

Вторым по популярности методом является, замена лопастей БПЛА, существует множество разновидностей лопастей, с разнообразными характеристиками, конфигурациями, и материалами. Но для увеличения полетного времени чаще выбирают лопасти типа Normal (Рис. 3) – они имеют заостренные концы, но значительно снижают расход энергии.



Рисунок 3. Лопасти типа Norlmal

Так же чтобы не подбирать лопасти вручную существуют программы для расчета характеристик лопастей, например RashVinta. [3]

Третий вариант подразумевает уже глобальные изменения в конструкции беспилотника, замена двигателей существенно может повысить полетное время. Большая часть коптеров оснащена двумя типами электродвигателей – коллекторными и бесколлекторными. Как правило, первые используются в бюджетных, любительских и наиболее простых вариантах. Их мощности вполне достаточно для поднятия в воздух мало и средне весовых коптеров любительского класса. Бесколлекторные двигатели (рис. 4) имеют другую, более совершенную конструкцию и несколько иной принцип работы.

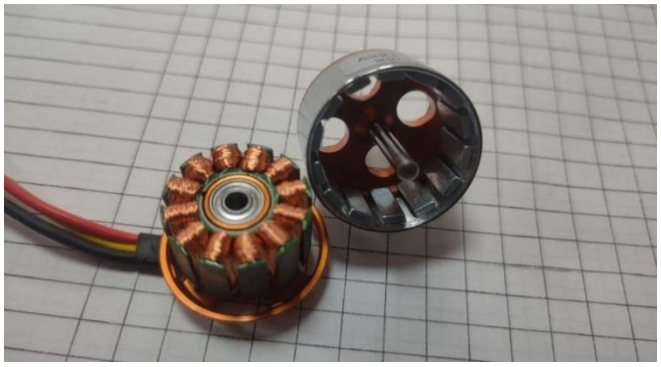


Рисунок 4. Двигатель коллекторного типа

Магнитные элементы расположены вокруг вала и выполняют непосредственно роторную функцию. Таким образом, двигатель работает с более плавным контролем оборотов у винтов и с большей отдачей, что обеспечивает лучшую тягу, энергорасход и производительность.[4] Но данный метод имеет недостаток в виде дороговизны процесса, и не на каждый беспилотник возможно установить бесколлекторные двигатели.

Таким образом, для увеличения полетного времени, увеличение емкости не всегда подходит, поэтому приходится применять различные методики которые частично способны увеличить полетное время БПЛА.

Имея другую конструкцию в паре с обновленными лопастями, гарантированно позволяет увеличить время без ущерба другим характеристикам. Применение разбора БПЛА тоже может решить проблему полетного времени, но в ущерб другим не мало важным характеристикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет источник Как выбрать LiPo аккумулятор для квадрокоптера, безопасность, зарядка и хранение [https://profpv.ru/kakoy-nuzhen-akkumulyator-dlya-kvadroko/]

2. Интернет источник Пять способов увеличить мощность квадрокоптера

[https://dronnews.ru/faq/pyat-sposobov-uvelichit-moschnost-kvadrokoptera.html]
3. Интернет источник Пропеллер квадрокоптера: обзор и расчет основных параметров [https://drongeek.ru/profi/propellery-dlya-kvadrokoptera#_Ecalc]
4. Интернет источник Что такое квадрокоптер, зачем он нужен,кто его придумал и как он устроен? [https://drongeek.ru/novichkam/chto-takoe-kvadrokopter]

УДК 631.3(629.735)

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ БПЛА ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В.Ю. Микайлов, студент
Е.А. Грико, студентка
В.В. Тихоновский, канд. техн. наук, доцент
Н.Е. Сацкевич, ассистент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Статья посвящена анализу беспилотных летательных аппаратов предназначенных для сельского хозяйства. Рассмотрены их основные функции, параметры и недостатки, проведен анализ предложенных на рынке моделей.

***Ключевые слова:*** беспилотные летательные аппараты (БПЛА, дроны), сельское хозяйство.

***Актуальность:*** Современные технологии постепенно внедряются во все важные сферы деятельности, не обойдя стороной и сельское хозяйство. В данном направлении беспилотные летательные аппараты демонстрируют высокую эффективность, действительно помогая сельскому хозяйству. Дроны позволяют оперативно собирать информацию, экономя большое количество времени и человеческих ресурсов. Основные параметры для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) это ценовая категория, продолжительность полета, качество фото, видео а так же грузоподъемность. Актуальность данной темы обосновывается тем, что сельскохозяйственные дроны являются дорогостоящим оборудованием, требующим особого обращения, периодического обслуживания и ремонта, подходящего программного обеспечения.

**Целью** данной работы является обоснование выбора БПЛА за счет сравнительного анализа стоимости и функциональных возможностей. Исходя из данной цели, были сформулированы следующие **задачи:** изучить предложенные на рынке БПЛА, рассмотреть основные функции БПЛА; изучить предназначение БПЛА для сельского хозяйства.

В ближайшем будущем основными потребителями беспилотной продукции в мире станут фермеры, к такому выводу пришли исследователи американской Международной некоммерческой организации «Ассоциация беспилотных транспортных систем» (AUVSI),занимающейся продвижением и поддержкой беспилотных систем и индустрии робототехники. При этом подчеркивается, что у России есть все шансы занять в этой области лидирующие позиции. Нужно заметить, что данное направление является новым для нас и до сегодняшнего дня беспилотные летательные аппараты находили применение в МЧС, МВД и министерстве обороны, но в последние годы растет интерес к БПЛА сельскохозяйственного назначения.[1]

На данный момент беспилотные летательные аппараты стали очень распространены в сельском хозяйстве, так как они помогают справляться с задачами, с которыми человек либо не может справиться самостоятельно или же они для него трудновыполнимы и ресурсозатратны. Но, не смотря на все достоинства их использования, БПЛА имеют ограниченность в выполняемых операциях.

Существует множество функций, которые могут выполняться беспилотными летательными аппаратами (БПЛА), но на данный момент на рынке не представлены универсальные модели, которые смогут приспосабливаться под разные операции.

БПЛА могут выполнять такие задачи как: видеосъёмка; картографирование; анализ почвы; высевание семян; мониторинг полей; точечное распыление химикатов; определение времени сбора урожая; охрана от хищений.

Бесспорные плюсы использования БПЛА в сельском хозяйстве: точное определение границ полей; определение плодородия почвы; выявление слабых и угнетенных растений; борьба с болезнями и паразитами; контроль на всех этапах сельскохозяйственных работ; принципиальное снижение трудозатрат по выполнению операций, направленных на оценку урожайности, состояния урожая, определения начала работ.

Требования к БПЛА у сельхозпроизводителей могут меняться в зависимости от некоторых факторов, таких как погодные условия, влажность, сезон года и так далее.[2] Поэтому стоит также выделить недостатки применения БПЛА:

- Зависимость от погодных условий – очевидным недостатком дронов является их зависимость от метеорологических условий. В таком случае необходимо выбирать дрон, устойчивый к порывам ветра и другим факторам. При работе в подобных условиях нужно стремиться выбирать для анализа наиболее безветренные дни с небольшой облачностью и стремиться к предотвращению попадания тени на изображения, созданные БПЛА.
- Зависимость от скорости Интернета – нужно всегда учитывать тот факт, что на базовом уровне большинство дронов использует для позиционирования и других функций интерактивные сервисы, например, Google Maps. Таким образом, использование дронов в Западной Европе или Северной Америке с высокой интенсивностью покрытия позволит осуществлять эффективную работу, а вот если использовать беспилотник для решения подобных задач в российской глубинке, результат будет оставлять желать лучшего.
- Птицы - специалисты из дальнего зарубежья считают птиц основной помехой эффективного применения дронов, хотя неудобства, создаваемые птицами, зависят от региона, где предполагается использовать дрон.
- Опасность травм и солнечных ожогов – не следует забывать, что оператору, управляющему дроном, приходиться часами находиться на солнце с поднятой в небо головой. Такая статичная позиция может привести к нежелательным последствиям во время сбора данных, которые требуют определенных затрат времени.
- Дорогое программное обеспечение и аппаратная часть – как уже отмечалось, дроны являются более экономически выгодным решением для мониторинга полей в сравнении со спутниковыми снимками, однако не следует забывать о дорогостоящем программном обеспечении и датчиках для решения дополнительных задач.
- Длительность сбора необходимой информации – зарубежные специалисты сходятся во мнении, что перспективы развития применения беспилотников в сельскохозяйственном производстве сильно сдерживаются длительностью сбора информации. Столь большие интервалы времени могут срывать рекомендуемые агротехнические сроки выполнения основных технологических операций в растениеводстве.[3]

Анализ был проведен на примере таких моделей как: DJI Agras T10; DJI Agras T16; DJI Agras T30.

*Таблица 1*

Сравнительный анализ сельскохозяйственных беспилотных летательных аппаратов[4]

| Наименование модели | DJI Agras T10 | DJI Agras T16 | DJI Agras T30 |
|---|---|---|---|
| Цена | 1 076 390 руб | 1 619 990руб | 1 978 190 руб |
| Продолжительность полета | 8,7 минут | 30 минут | 27 минут |
| Качество фото и видео | 1280 × 720 15–30 кадров в секунду | 1280×960 30 кадров в секунду | 1600×1300 25 кадров в секунду |
| Грузоподъемность | 12,8 кг | 39,5 кг | 40 кг |

Agras T10 может переключиться в режим распыления всего за три минуты. Емкость 10 кг и ширина распыления до 7 метров обеспечивают производительность 5,7 га в час. Он также поддерживает мониторинг массы в реальном времени и имеет датчик вращения, что позволяет получать более точные предупреждения о пополнении. Эта система также поддерживает мониторинг массы в режиме реального времени и имеет датчик вращения, позволяющий получать более точные предупреждения о пополнении. Класс IP67 общей водонепроницаемости T10 делает его устойчивым к мытью и коррозии, что позволяет легко адаптировать дрон для разбрызгивания удобрений, распределения семян и кормов. При использовании с решениями цифрового сельского хозяйства Agras T10 обеспечивает переменное распыление, сокращая использование удобрений и увеличивая урожайность.[4]

Agras T16 отличается хорошими полетными характеристиками. Бак дрона вмещает 16 л, а диаметр распыления увеличен до 6,5 м. Распылительная система оснащена 4 подающими насосами и 8 опрыскивателями с максимальной скоростью распыления 4,8 л/мин. T16 обрабатывает за один час участок в 10 гектаров. Система распыления оснащена электромагнитным расходомером, который обеспечивает более точную и стабильную обработку участка.[4]

DJI Agras T30 новый флагман линейки сельскохозяйственных дронов способен поднимать до 40 кг полезной нагрузки, что повышает производительность до 16,2 га/ч. Впервые используется система распыления с 16 форсунками и наклонными лучами, что позволяет эффективно обрабатывать не только поля, но и кроны фруктовых деревьев. В штатной комплектации гексакоптер предназначен для распыления жидких ядохимикатов и удобрений, при установке опциональной системы он также способен разбрасывать семена, гранулированные удобрения и кормовые продукты. Алгоритмы автоматического полёта оптимизированы для полностью автономной безопасной работы на местности со сложным рельефом, природными и рукотворными препятствиями.[5]

Исходя из проведенного анализа можно сделать вывод, что большинство БПЛА выполняют конкретную функцию, что является невыгодным вложением, так как для сельскохозяйственных работ нужно проведение многих этапов. Один беспилотный летательный аппарат хорошо справляется с поставленной задачей, но чтобы выполнить другие нужно приобрести и другие модели, что является очень дорогостоящим приобретением. Даже если приобретать модели с поддержанием нескольких функций, их стоимость намного больше и этого всего все равно будет недостаточно.

Постоянное переоборудование под эти запросы у официального производителя стоит не малых средств, к тому же это займет некоторое время, так как дилерские центры по ремонту этой техники нет во многих городах России.

Именно поэтому на данный момент крайне актуален вопрос универсального сельскохозяйственного БПЛА, параметры и функции которого можно будет регулировать

самостоятельно непосредственно перед вылетом на линию. Он может быть представлен в виде, так называемого, конструктора, состоящего из корпуса и основных элементов, предназначенных для полета и общей работы БПЛА, а также из дополнительных агрегатов, зависящих от направления использования (тепловизор, громкоговоритель, аппарат для взятия проб почвы и так далее).

На данный момент развитие технологий уже идет в этом направлении, но необходимо расширять и ускорять это развитие. Такие универсальные беспилотники можно будет сравнить с нынешними тракторами и комбайнами, которые можно переоборудовать, установить на них новое орудие или какой-либо агрегат для выполнения совершенно разных работ. Это требует минимальных трудовых и денежных затрат, а также гарантирует постоянное использование этого оборудования.

Необходимо и передовое программное обеспечение, для достижения наиболее эффективного использования. После вылета БПЛА на линию и получения какого-либо рода данных, следует необходимая обработка. Для сокращения затрат на штат работников обрабатывающих полученную информацию, надо автоматизировать этот процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вторый, В.Ф. Перспективы экологического мониторинга сельскохозяйственных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов / В.Ф. Вторый, С.В. Вторый // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. — 2017. — № 92. — С. 158-165. — ISSN 0131-5226. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/journal/issue/303534 (дата обращения: 07.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 2

2. Информационный портал «geospb.ru»: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://geospb.ru/511-drony-dlya-selskogo-khozyajstva (Дата обращения: 03.12.2022)

3. Информационный портал «glavpahar.ru»: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://glavpahar.ru/articles/preimushchestva-i-nedostatki-primeneniya-dronov-v-selskohozyaystvennom-proizvodstve(Дата обращения: 05.12.2022)

4. Информационный портал «dji.com»: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dji.com (Дата обращения: 05.12.2022)

5. Информационный портал «brlab.ru»: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://brlab.ru/scopes/selskoe-khozyaystvo (Дата обращения: 07.12.2022)

УДК 631.374

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОЛЁС МИНИ-ПОГРУЗЧИКОВ В АПК

Р.В. Новиков
А.А. Леонов, канд. техн. наук, доцент
*Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия*

***Аннотация.*** В данной статье приводится обоснование совершенствования конструкций колёс мини-погрузчиков для увеличения их управляемости и манёвренности в ограниченном пространстве животноводческих и птицеводческих комплексов. Приведён принцип работы и конструкции колёс, а также представлен анализ сравнения с уже используемыми технологиями.

***Ключевые слова:*** колесо Илона, шина, погрузчики, комплексы АПК, технология, мини-погрузчик.

Колесо представляется нам, в общем понимании, как устройство, преобразующее энергию источника силы в полезную работу по перемещению любого технического устройства для перевозки людей или грузов, позволяющее поставленному на него телу катиться за счёт круглой формы, которая сводит силу трения к минимуму. Уже в древние времена люди использовали бревна для перемещения грузов и с тех пор началась эволюция колеса. Далее появились каменные, деревянные и железные колеса с различными модификациями, но без шин. И только в 1889 году была выпушена и показана миру первая «надувная шина» поставленная на велосипед. Впоследствии, через несколько лет выпустили съёмные надувные шины, которые уже были частью автомобилей. Это дало большой толчок в развитии колеса, прогресс которого мы можем наблюдать в наши дни. Однако, вектор и принципиальные особенности устройства с течением времени разделились на множество подтипов, которые были созданы для выполнения определённых задач, с которыми плохо или совсем не справлялись предыдущие модификации. Так в 1973 году шведский учёный Бенгт Илон создал колесо, в которое было вмонтировано несколько бочкообразных роликов, позволяющих транспортному средству двигаться в любом направлении. Важным условием эксплуатации таких колес была ровная и чистая поверхность, поэтому их применяли преимущественно на кораблях и в складах. В данной статье будет представлено усовершенствованное колесо Илона, справляющееся с более сложными дорожными условиями, такими как грязь, выбоины и препятствия выше дорожного полотна.

Рассмотрим детально преимущества и недостатки, на примере уже имеющихся погрузчиков серии JCB, которые положительно зарекомендовали себя при использовании на предприятиях АПК. Затронем достоинства техники, зависящие непосредственно от типа движителя. Колесные погрузчики данной серии обладают рядом преимуществ: полный привод, позволяющий разворачиваться на 360 градусов, быстросъёмные и легкозаменяемые покрышки, безотказность конструкции колёс, доступность и относительная дешевизна. Недостатками данного вида мини-погрузчиков является относительная несвобода движения, предполагающая ограничение движения перпендикулярно в стороны относительно базы машины, высокое буксование на скользких поверхностях и препятствий выше дорожной поверхности.

Рассмотрев классическую конструкцию колёс погрузчика, применяемых в АПК, мы нашли эффективное инженерное решение, которое больше подходит для выполнения работ в ограниченном пространстве в условиях низкого сцепления ходовой части с опорной поверхностью. Этим решением стало колесо Илона с модификацией роликов поставленных на усиленные оси.

Устройство движителя представляет собой колесо, на котором смонтировано под углом 45 градусов к оси колеса, некоторое количество роликов, установленных на всём протяжении его окружности (рис. 1). Принцип работы колёс Илона основан на выборе оптимального режима качения в зависимости от направления движения транспортного средства (ТС).

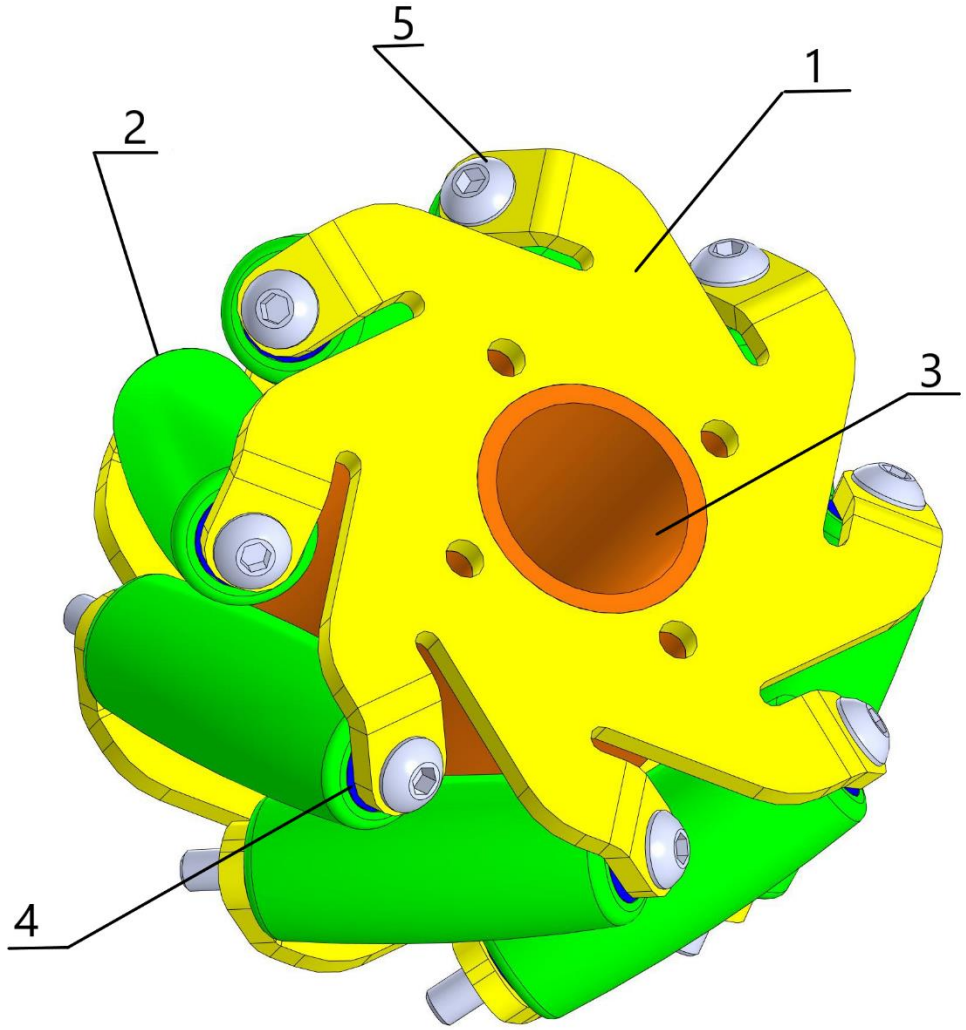



Рисунок 1 – Колесо Илона:
1 – рама, 2 – ролик, 3 – втулка рамы, 4 – втулка ролика, 5 – винт.

Колесо, чья ось вращения будет образовывать наибольший угол с желаемым направлением движения будет иметь приоритет над колесом, которое будет образовывать наименьший угол. Поэтому если изменять вектор и скорость вращения отдельных колёс, в зависимости от выбранного направления (тормозить, уменьшать или увеличивать их скорость), то ТС будет способно перемещаться в любом направлении. На рисунке 2 показаны основные векторы движения колёс и соответствующий им вектор направления движения ТС.

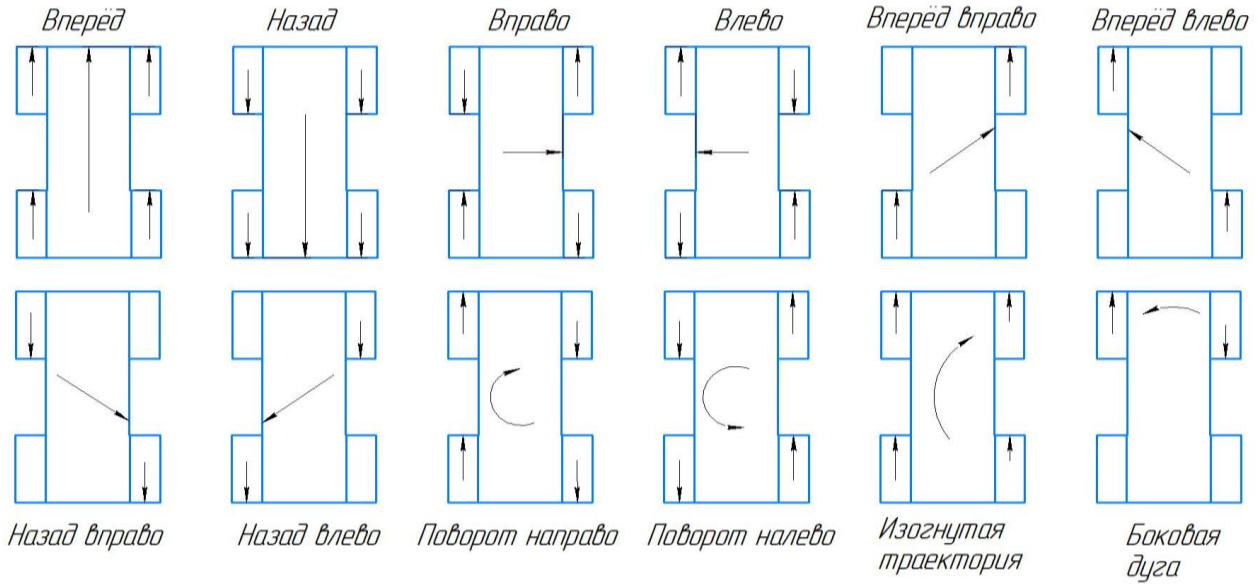



Рисунок 2 – Основные векторы движения ТС

Также, направление движения роликов лучше установить под углом в 90 градусов относительно направлению движения колеса для минимального сопротивления на периферии. Мы предлагаем применить модернизированную конструкцию колеса Илона в конструкции мини-погрузчиков широко используемых во многих сферах АПК. Плюсами такой модернизации мини-погрузчика будут более полная геометрическая свобода направления движения, более плавное зацепление, низкий крутящий момент, минимальная сила трения, что существенно сохраняет поверхность, по которой передвигается мини-погрузчик. Минусами являются продольная нагрузка на оси роликов, необходимость чистой и ровной поверхности для передвижения, а также наличие регулируемого привода на каждое колесо, что делает конструкцию привода мини-погрузчика более сложной.

Суть предлагаемой модернизации колеса заключается в том, что на ролики добавляется бескамерная шина с глубоким протектором, предназначенная для движения в сложных дорожных условиях. Особый рисунок протектора колеса и применение съёмных плечевых защитных колпачков, установленных на плечевой зоне покрышки, обеспечивают высокое сцепление колес с поверхностью и снижение боковых нагрузок на ролики, что, в целом, повышает внедорожные качества ТС. Также, в конструкцию осей роликов были добавлены радиально-упорные подшипники и увеличен диаметр оси по сравнению с прототипом, для повышения надёжности конструкции.

Колесо состоит из основания, в которое встроены восемь роликов. На концах осей роликов установлены подшипники, которые закрыты плечевыми защитными колпачками для герметичности конструкции и повышения характеристик проходимости. Также, в колесе присутствует центральное и монтажные отверстия для закрепления на ступице. Свободное расстояние между основанием и другими роликами увеличено из-за установки покрышек на роликах, увеличивающих их объём.

Предложенная модернизация устраняет главные минусы конструкции колеса Илона, такие как: ограниченную проходимость по бездорожью и низкую надёжность осей. В будущем, рисунок протектора и некоторые конструктивные особенности как колеса, так и погрузчика будут изменяться на основании анализа новой информации по эксплуатации и совершенствованию ТС с подобным типом ходовой системы. Таким образом, обеспечивается повышение эффективности использования данного типа колеса в особых условиях, что раскрывает новые возможности для его применения в сфере АПК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:
1. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С. А. Чернавский, К. Н. Бобков, И. М. Чернин, Г. М. Ицкович, В. П. Козинцов. – 3-е изд., стереотипное. Перепечатка с издания 1987 г. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005 – 416 с.
2. А. В. Борисов, А. А. Килин, И. С. Мамаев. Тележка с омниколесами на плоскости и сфере // Нелинейная динамика. 2011 Т. 7 № 4 (Мобильные роботы). С. 785–801
3. Научно-образовательный журнал StudNet. Исследование контроля направления движения мобильного робота «Колесо Илона» [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-kontrolya-napravleniya-dvizheniya-mobilnogo-robota-koleso-ilona/viewer

УДК 621.89

# РЕГЕНЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ: ТЕХНОЛОГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Д.С. Панов
А.А. Леонов, канд. техн. наук, доцент
*Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия*

***Аннотация.*** В данной статье показана необходимость привлечения внимания к проблеме утилизации отработанных масел, рассмотрены технологические процессы позволяющие проводить очистку и регенерацию отработанных масел, показана экономическая целесообразность и экологическая необходимость создания сети мини-станций для переработки отработанных масел.

***Ключевые слова:*** **о**тработанное масло, очистка, регенерация, экология, технология, мини-станций для переработки.

В современном мире «подразумевающим использование и потребление» ни одно производство не обходится без использования машин в производстве и переработке чего-либо, стороной не обошли и агропромышленный комплекс нашей страны. В каждом хозяйстве АПК существует свой машинотракторный парк, а где есть машинотракторный парк, есть его ремонт и обслуживание. В процессе эксплуатации машинотракторного парка образуется большое количество отработанного масла, которое требует утилизации. EPA дает следующее нормативное определение отработанного масла: «Отработанным маслом является любое масло, полученное из сырой нефти или синтетического масла, использованное и в результате такого использования загрязненное физическими или химическими примесями». То есть, отработанным маслом является любое использованное масло на нефтяной или синтетической основе. При нормальном использовании такие примеси как: грязь; металлические частицы; вода или химические вещества смешиваются с маслом так, что со временем масло не может быть использовано по назначению. Для продолжения работы агрегата такое масло должно заменяться свежим или регенерированным маслом.

Сама утилизация отработанных масел процедура дорогостоящая, поэтому в хозяйстве зачастую отработанное масло не утилизируется, а выливается в какие-нибудь сливные ямы, что в свою очередь вредит экологии и является противозаконным. Это почти не требует финансовых затрат и не несет никаких последствий для руководства. Но вред, оказываемый на экологию существенен и такой метод утилизации не целесообразен, ведь есть и иные способы решения проблемы утилизации.

Однако переработка отработанных моторных масел вместе с нефтью на НПЗ невозможна, ввиду непригодности нефтеперерабатывающего оборудования для переработки сырья с уже имеющимися в нем специальными присадками.

Одним из вариантов решения рассмотренной проблемы является процедура восстановления свойств отработанных масел. Для восстановления применяются разнообразные технологические операции, основанные на физических, физико-химических и химических процессах. Они заключаются в обработке масел различными методами с целью удаления из них продуктов старения и загрязнения.

Физические процессы позволяют удалять из масел твердые частицы загрязнений, микрокапли воды и, частично, смолистые и коксообразные вещества, выпаривание – легкокипящие примеси. Масла обрабатываются в силовом поле с использованием гравитационных, центробежных, электрических, магнитных и вибрационных сил, производится фильтрование, водная промывка и вакуумная дистилляция. К физическим методам очистки отработанных масел относятся также различные массо- и теплообменные процессы, которые применяются для удаления из масла продуктов окисления углеводородов, воды и легкокипящих фракций.

Также к физической очистке можно отнести фильтрацию. Фильтрацией называется процесс удаления частиц механических примесей и смолистых соединений путем пропускания масла через сетчатые или пористые перегородки фильтров. В качестве фильтрационных материалов для масел используются: металлические и пластмассовые сетки; войлок; ткани; бумага; композиционные материалы и керамика.

Помимо фильтрации распространена центробежная очистка, осуществляемая с помощью центрифуг, этот метод является наиболее эффективным и высокопроизводительным методом удаления механических примесей и воды. Он основан на разделении различных фракций неоднородных смесей под действием центробежной силы. Применение центрифуг обеспечивает очистку масел от механических примесей до 0,005% по массе, что соответствует 13 классу чистоты по ГОСТ 17216-71, и обезвоживание до 0,6% по массе.

Для более полного восстановления свойств масел, применяют регенерацию отработанного масла с использованием физико-химических и химических процессов.

Физико-химические методы регенерации масел получили широкое применение. К ним относятся коагуляция, адсорбция и селективное растворение содержащихся в масле загрязнений.

Коагуляцией является укрупнение частиц загрязнений, находящихся в масле в коллоидном или мелкодисперсном состоянии, осуществляется с помощью специальных веществ – коагулянтов, к которым относятся электролиты всех происхождений, поверхностно активные вещества (ПАВ), не обладающие электролитическими свойствами, коллоидные растворы ПАВ и гидрофильные высокомолекулярные соединения.

Процесс коагуляции зависит от количества вводимого коагулянта, продолжительности его контакта с маслом, температуры, эффективности перемешивания и т.д. Продолжительность коагуляции загрязнений в отработанном масле составляет, как правило, 20-30 мин., после чего проводится очистка масла от укрупнившихся загрязнений с помощью отстаивания, центробежной очистки или фильтрования.

Адсорбционная очистка отработанных масел заключается в использовании способности веществ, служащих адсорбентами, удерживать загрязняющие масло продукты на наружной поверхности гранул и на внутренней поверхности пронизывающих гранулы капилляров. В качестве адсорбентов применяют вещества природного происхождения (отбеливающие глины, бокситы, природные цеолиты) и полученные искусственным путем (силикагель, окись алюминия, алюмосиликатные соединения, синтетические цеолиты). Адсорбционная очистка может осуществляться контактным методом – в этом случае масло перемешивается с измельченным адсорбентом, перколяционным или методом противотока. Основным недостатком контактной очистки является необходимость утилизации большого

количества адсорбента, загрязняющего окружающую среду. При перколяционной очистке в качестве адсорбента зачастую применяется силикагель, что делает этот метод дорогостоящим. Наиболее перспективным методом является адсорбентная очистка масла в движущемся слое адсорбента, однако применение этого метода связано с использованием довольно сложного оборудования, что сдерживает его широкое распространение.

Ионно-обменная очистка является разновидностью адсорбционного способа очистки. Она основана на способности ионитов (ионно-обменных смол) задерживать загрязнения, диссоциирующие в растворенном состоянии на ионы. Иониты представляют собой твердые гигроскопические гели, получаемые путем полимеризации и поликонденсации органических веществ и не растворяющиеся в воде и углеводородах. Процесс очистки осуществляется контактным методом при перемешивании отработанного масла с зернами ионита размером 0,3-2,0 мм или преколяционным методом при пропускании масла через заполненную ионитом колонну. В результате ионообмена подвижные ионы в пространственной решетке ионита заменяются ионами загрязнений. Ионно-обменная очистка позволяет удалять из масла кислотные загрязнения, но не обеспечивает задержки смолистых веществ.

Селективная очистка отработанных масел основана на избирательном растворении отдельных веществ, загрязняющих масло: кислородных, сернистых и азотных соединений, а также, полициклических углеводородов с короткими боковыми цепями, ухудшающих вязкостно-температурные свойства масел. В качестве селективных растворителей применяются фурфурол, фенол и его смесь с крезолом, нитробензол, различные спирты, ацетон, метил этиловый кетон и другие жидкости. Селективная очистка может проводиться в аппаратах типа "смеситель-отстойник" в сочетании с испарителями для отгона растворителя (ступенчатая экстракция) или в двух колоннах - экстракционной для удаления из масла загрязнений и ректификационной для отгона растворителя (непрерывная экстракция). Второй способ экономичнее, но так как является непрерывным, требует постоянного поступления очищаемого масла и реагентов.

Одной из разновидностей селективной очистки является обработка отработанного масла пропаном – при этом углеводороды масла растворяются в нем, а асфальтосмолистые вещества, находящиеся в масле в коллоидном состоянии, выпадают в осадок.

Все химические методы очистки основаны на взаимодействии веществ, загрязняющих отработанные масла, и вводимых в эти масла реагентов. В результате химических реакций образуются соединения, легко удаляемые из масла. К химическим методам очистки относятся: кислотная и щелочная; окисление кислородом; гидрогенизация; осушка и очистка с помощью окислов; карбидов и гидридов металлов. Наиболее часто используются сернокислотная очистка, гидроочистка, процессы с применением натрия и его соединений.

Все больше при переработке отработанных масел используются гидрогенизационные процессы (гидроочистка). Это связано как с широкими возможностями получения высококачественных масел и увеличения их выхода, так и с большей экологической чистотой этого процесса по сравнению с сернокислотной и адсорбационной очистками. Недостатком процесса гидроочистки является потребность в больших количествах водорода, при том что порог экономически целесообразной производительности (по зарубежным данным) составляет 30-50 тыс. т/год. Установка с использованием гидроочистки масел, как правило, работает совместно с нефтеперерабатывающим производством, имеющим излишек водорода и возможность его рециркуляции.

Для полноценной регенерации отработанных масел применяются разнообразные аппараты и установки, действие которых основано, как правило, на использовании сочетания нескольких методов (физических, физико- химических и химических), что дает возможность регенерировать отработанные масла разных марок и с различной степенью снижения показателей качества и в зависимости от типа установок и их возможностей получать полностью или частично регенерированное масло.

В качестве технологических процессов обычно соблюдается следующая последовательность методов:

Механический: для удаления из масла свободной воды и твердых загрязнений;

Теплофизический: выпаривание, вакуумная перегонка для удаления связанной воды и легнко летучих соединений;

Физико-химический: коагуляция, адсорбция.

В зависимости от технологического процесса регенерации получают 2-3 фракции базовых масел, из которых компаундированием и введением присадок могут быть приготовлены такие товарные масла как: моторные; трансмиссионные и гидравлические. Также смазочно-охлаждающие жидкости и пластичные смазки. Среднее количество получаемого регенерированного масла из отработанного, содержащего около 2-4 % твердых загрязняющих примесей, воду и до 10 % топлива, составляет 70-85 % в зависимости от применяемого способа регенерации.

Для утилизации масла, которое не подлежит восстановлению, существует способ при котором смешивают отработанное моторное масло и силикат натрия в пропорции 100:5. После вакуумной перегонки на выходе получается фракция в количестве 83,5%, которую можно использовать в качестве дизельного топлива. Ввиду низкого качества получаемого дизельного топлива минусом является отсутствие возможности использования его в современных автомобильных дизельных двигателях. Однако такое дизельное топливо из отработанного масла возможно использовать в котлах с прямым впуском топлива, где качество топливной смеси имеет второстепенное значение. Например в отопительных котлах работающих на дизельном топливе. Для уменьшения вреда экологии требуется дополнительная очистка такого дизельного топлива.

Данные технологические процессы производятся как на крупных предприятиях по восстановлению масел их переработке, так и на стационарных установках для точечного применения в хозяйствах.

Наиболее распространенными типами применяемых установок являются следующие: установки по осветлению отработанных масел; установки глубокой очистки отработанных масел; установки регенерации отработанных масел; станции комплексного восстановления отработанных масел.

Несмотря на внешнюю привлекательность идеи восстановления отработанных масел цена таких установок составляет несколько миллионов, не считая затрат на её обслуживание, потребление энергии и расходных материалов при её использовании. Поэтому большинство производственников и отказываются от приобретения и использования подобных установок, что и влечет за собой утилизацию отработанных масел с нанесением вреда экологии.

В тоже время одной из проблем, резко снижающей экономическую эффективность утилизации отработанных моторных масел, являются большие расходы, связанные с их сбором, хранением и транспортировкой отработанного масела к месту переработки. Решить эту проблему может организация мини-комплексов по регенерации масел, для удовлетворения потребностей небольших территорий (края, области или города с населением 1-1,5 млн. человек), что позволит снизить транспортные расходы, а получение высококачественных конечных продуктов – моторных масел и консистентных смазок, приближает такие мини-комплексы по экономической эффективности к производствам этих продуктов из нефти.

Ввиду всего вышесказанного одним из наиболее перспективных вариантов решения проблемы некорректной утилизации масел, это их переработка и восстановление для последующего использования. А для повышения глобального воплощения данных мероприятий рекомендуется создать сеть мини-комплексов по регенерации масел из расчета 1 комплекс на 1.5млн человек. В тоже время для стимуляции хозяйств и частных лиц в сдаче отработанных масел, можно возвращать готовую восстановленную продукцию в количестве 20-25% от сданного объема, либо денежным вознаграждением. Предполагается, что такой подход существенно сократит вред для окружающей среды, поможет снизить затраты на горюче-смазочные материалы и приведет к большей популяризации переработке отработанной продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:
1. Евдокимов А.Ю., Фукс И.Г. Утилизация отработанных смазочных материалов: технологии и проблемы // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2004, №2. С. 9-11.
2. Рылякин Е. Г., Волошин А. И. Очистка и восстановление отработанных масел – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2015. – № 1 (81). – с. 92-94.
3. Можно ли перерабатывать отработанное масло в дизтопливо. [Электронный ресурс]. URL: https://renetop.ru/info/pererabotka-masla.html#:~:text
4. Переработка отработанных масел - что посеем, то и пожнём. [Электронный ресурс]. URL: https://www.rosa1.ru/info/publikatsii/pererabotka-otrabotannykh-masel-chto-poseem-to-i-pozhnyem/

УКД:624.34.628.18

# РАЗВИВАЕМЫЙ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С АИН-ШИМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МОМЕНТ

Н.С. Сазыкина, студентка
А.Ю. Кузнецов, канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье рассмотрены вопросы оптимального управления частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя с питанием от преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

***Ключевые слова:*** асинхронный электропривод, энергосбережение, частотное управление.

В настоящее время в промышленных системах водоснабжения и системах с электроприводом, которые работают преимущественно в режимах с постоянным или медленно изменяющимся моментом нагрузки, чаще всего используется привод переменного тока, в частности, асинхронный. Это стало возможным благодаря последним достижениям в области теории электрических машин, а также появлению современных полностью управляемых силовых полупроводников.

На практике наиболее распространенными системами управления асинхронным электроприводом являются системы с питанием от преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

При стационарном режиме работы асинхронной машины, работающей от преобразователя частоты с широтно-импульсной модуляцией, возникает пульсирующая составляющая электромагнитного момента $M_{П}(t)$ из-за того, что форма статорного напряжения несинусоидальна [1]. В стационарном режиме высокочастотная пульсирующая составляющая установившегося электромагнитного момента вызывает пульсации угловой скорости ротора машины.

Частота пульсаций модуляционных составляющих принимается равной половине значения результирующей частоты коммутации силовых ключей ШИМ-преобразователя:

$$f_{П} = f_{\Sigma} / 2 \quad (1)$$

С учетом принимаемого допущения о равенстве среднего значения развиваемого электродвигателем электромагнитного момента $M^{*}$ моменту статической нагрузки $M_{C}$ привода. В рассматриваемом стационарном режиме присутствует динамическая

составляющая момента $\mathrm{M}_{\partial}$ привода, которая равна значению модуляционной составляющей электромагнитного момента машины $\mathrm{M}_{П}(t)$ [2], что позволяет записать основное уравнение движения электропривода в виде:

$$\mathrm{M}_{\partial} = \mathrm{M}_{П}(t) = J\frac{d\omega(t)}{dt} \tag{2}$$

Из которого можно получить зависимость изменения скорости ротора машины в стационарном электромеханическом процессе:

$$\left.\begin{array}{c} \omega(t) = \omega^{*} + \omega_{П}(t'); \\ \omega_{П}(t) = \dfrac{1}{J}\int\limits_{0}^{t} M_{П}(t)\cdot dt + \omega_{П}(0) = k\cdot\left(-\dfrac{1}{2}\right)^{n}\cdot\Delta I_{П}\cdot\left[t' - \dfrac{(t')^{2}}{\tau_{n}}\right]\psi_{r_1}\sin\varphi + \omega_{П}(0) = \\ = \left(-\dfrac{1}{2}\right)^{n}\cdot\left[t' - \dfrac{(t')^{2}}{\tau_{n}}\right]\cdot\dfrac{L_m^{2}\cdot I_1\cdot\Delta I_{П}\cdot\beta}{R_r\cdot(1+\beta^{2}T^{2})}. \end{array}\right\} \tag{3}$$

Где использованы: $\omega_{П}(t')$ – пульсирующая составляющая скорости ротора; $t'$ - время межкоммутационного интервала; $\tau_n$ - длительность n-го межкоммутационного интервала; $\omega_{П}(0)$ - пульсирующая составляющая скорости в начале n-го межкоммутационного интервала; $\beta$ и $\varphi$ –значения абсолютного скольжения и угла нагрузки машины.

Целесообразно определять размах пульсаций скорости в стационарном электромеханическом процессе для n-го интервала переключения:

$$\begin{array}{c} \Delta\omega = \left|\omega\cdot\left(\dfrac{\tau_n}{2}\right) - \omega\cdot\left(\tau_n - \dfrac{1}{2}\right)\right| = \left(\dfrac{1}{J}\right)\int\limits_{\frac{\tau_{n-1}}{2}}^{\tau_{n-1}} M_{П}(t)dt' + \dfrac{1}{J}\int\limits_{0}^{\frac{\tau_n}{2}} M_{П}(t)dt' = \\ = \dfrac{\tau_{n-1}+\tau_n}{8J}\cdot\dfrac{L_m^{2}\cdot I_1\cdot\Delta I_{П}\cdot\beta}{R_r\cdot(1+\beta^{2}T^{2})} = \dfrac{\tau_{n-1}+\tau_n}{8J}\Delta\mathrm{M}. \end{array} \tag{4}$$

Где использованы: $\omega\left(\frac{\tau_n}{2}\right)$ и $\omega\left(\frac{\tau_{n-1}}{2}\right)$ – максимальное и минимальное значение скорости в стационарном режиме на временном интервале: $t_n - \frac{\tau_{n-1}}{2} \le t \le t_n + \frac{\tau_n}{2}$; $\Delta\mathrm{M}$ – величина пульсаций электромагнитного момента, вызванная в результате несинусоидальности формы выходного тока преобразователя с ШИМ (рис. 1).

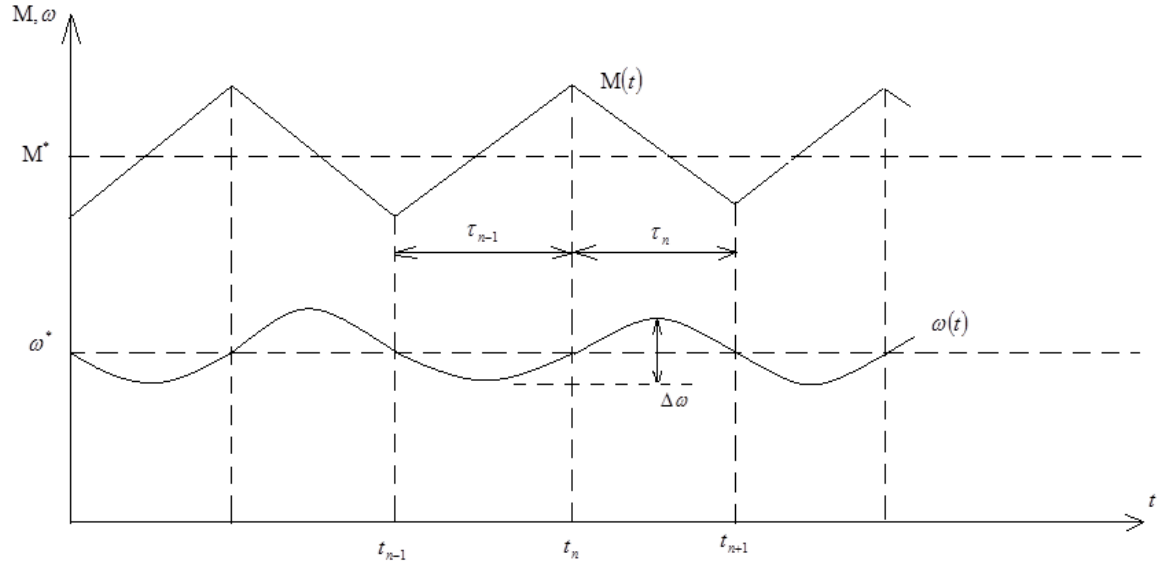



Рис. 1. Временные диаграммы стационарных электромеханических процессов. $\omega(t), \mathrm{M}(t)$ - текущие значения соответственно угловой скорости ротора и электромагнитного момента; $\omega^*, \mathrm{M}^*$ - средние значения соответственно угловой скорости ротора и электромагнитного момента в течение каждого из межкоммутационных интервалов.

При выборе мощности электропривода в специальных инженерных расчётах можно использовать формулу:

$$\Delta\omega \leq \frac{\Delta M \cdot \tau_{max}}{4J} \tag{5}$$

Которая позволяет вычислить размах пульсаций скорости ( $\tau_{max}$ – максимальная длительность межкоммутационного интервала).

С точки зрения практики представляет интерес определение максимальной длительности межкоммутационного интервала $\tau_{max}$ и соответствующего размаха пульсаций при скорости ротора электрической машины близкой к нулю. В стационарном режиме значение максимальной и минимальной длительности межкоммутационного интервала и близкой к нулю скорости вращения ротора можно вычислить по следующим формулам:

$$\tau_{max} = \frac{L_\sigma \sqrt{2 I_1 \Delta I_\text{п}}}{U_{s(m)}(O)}$$
$$\tau_{min} = \frac{L_\sigma \Delta I_\text{п}}{U_{s(m)}(O)} \tag{6}$$

где $U_{s(m)}(O)$ – модуль обобщенного вектора статорного напряжения, создаваемого преобразователем частоты с ШИМ.

Для инженерных расчётов модуляционного влияния приведённый выше способ обеспечивает получение необходимых данных. Для повышения точности, особенно при скоростях близких к нулю, нужно учитывать множество факторов [4]. Таких как изменения при нагреве сопротивления обмотки статора [3] и низкочастотный дрейф интегратора. Это тем более важно, так как электроприводы большинства производственных установок в

водоснабжении работают на малых скоростях и имеют завышенную мощность, которая может превышать требуемую 2-3 раза. Изменения сопротивления обмотки статора при нагреве можно учесть регулировкой усредненных значений абсолютного скольжения и угла нагрузки машины. Уменьшение дрейфа интегратора можно получить используя в цепи интегратор фильтра низких частот [5] с передаточной функцией.

$$w_{\text{ф}}(P) = \frac{T_{\text{ф}}P}{(T_{\text{ф}}P+1)}, \qquad (7)$$

где $T_{\text{ф}}$ – постоянная времени фильтра.

На графике (рис. 2) изображены логарифмические амплитудные частотные характеристики $L_m|w_1 * (j\omega)|$ и $L_m\left|\frac{1}{(j\omega)}\right|$, где можно увидеть, что в области частот, при больших скоростях двигателя они практически совпадают.

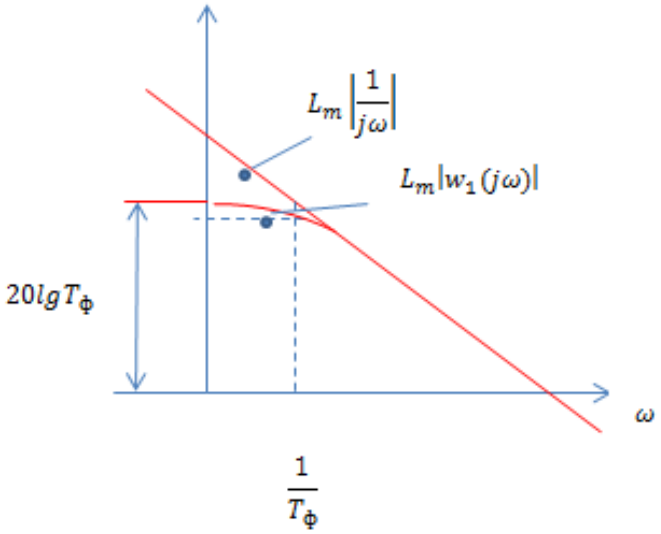



Рис. 2. Амплитудные частотные характеристики для определения электромагнитного момента и потокосцепления статора.

Но на частотах близких к $\frac{1}{T_{\text{ф}}}$ точность интегрирования снижается, а при $\omega \ll \frac{1}{T_{\text{ф}}}$ практически полностью перестает соответствовать значению потокосцепления и электромагнитного момента.

Используя выражения для $\tau_{max}$ и $\tau_{min}$, приведённые ранее, и зависимости для вычисления пульсаций электромагнитного момента ΔM [6] с учетом погрешности можно рассчитать наибольшие значения пульсаций скорости ротора электродвигателя на низких скоростях для стационарного режима питания от АИН-ШИМ:

$$\Delta\omega \leq \frac{\Delta M L_\sigma \sqrt{2I_1 * \Delta I_{\text{п}}}}{4JU_{s(m)}(O)} = \frac{\beta L_\sigma^2 I_1 \Delta I_{\text{п}} \sqrt{2I_1 \Delta I_{\text{п}}}}{4JR_r(1+\beta^2 T^2)U_{s(m)}(O)} \qquad (8)$$

Исследования показывают, что при размахе пульсации электромагнитного момента $\Delta M \leq 0{,}1$ о. е. у асинхронного двигателя 4AM90L4 мощностью 2,2 кВт в диапазоне модуляционных частот $f_n > 1{,}5$ кГц, численные значения пульсаций скорости Δω составляют менее $0{,}24*10^{-3}$ о.е. При однозонном регулировании скорости в диапазоне 1:0,001 изменения относительных значений скорости $\frac{\Delta\omega}{\omega^*}$ размах колебаний скорости составляет около 25%. Это свидетельствует о неравномерном движении ротора, вызванным воздействием модуляционной составляющей электромагнитного момента, формирующейся из-за несинусоидальной формы выходных токов преобразователя частоты с ШИМ. При работе машины на малых скоростях необходимо учитывать неравномерность вращения ротора, зависящую от пульсации электромагнитного момента M(t) и суммы

длительностей $\tau_{n-1} + \tau_n$ соседних межкоммутационных интервалов между переключениями силовых ключей в преобразователе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шрейнер Р.Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системе частотного управления/ Р.Т. Шрейнер, А.В. Костылев, В.К. Кривовяз, С.И. Шилин. – Екатеринбург: ГОУ ВПО Рос. гос. проф.–пед. ун-т, 2008.– 361 с.
2. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием/ Г.Г. Соколовский.– М.: Академия, 2006.– 264 с.
3. Чиликин М.Г. Теория автоматизированного электропривода/ М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер. – М.: Энергия, 1979.– 616 с.
4. Волков А.В. Анализ стационарных режимов асинхронного двигателя при питании от автономного инвертора с широтно-импульсным способом регулирования выходного напряжения/ техническая электродинамика.– 1998.– N6.– 42 – 47 с.
5. Гольдфарб Л.С. Теория автоматического управления/ Л.С. Гольдфарб, А.В. Балтрушевич, Г.К. Круг и др.– М.: Высш. школа, 1968.– 424 с.
6. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты/ Р.Т. Шрейнер.– Екатеринбург: УРО РАН, 2000.– 654 с.

УДК 621.43

## РАСЧЕТ ДЛИНЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО НАСТРОЕННОГО ВПУСКНОГО ТРУБОПРОВОДА СИСТЕМЫ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАДДУВА ДВИГАТЕЛЯ 6ЧН13/14

А.С. Саночкин, аспирант
А.Е. Свистула, д-р техн. наук, профессор
М.Э. Брякотин, канд. техн. наук, доцент
*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

***Аннотация.*** В данной статье дана краткая характеристика газодинамического наддува и приведен приблизительный расчет ориентировочной длины индивидуального настроенного трубопровода двигателя 6ЧН13/14, применяемого в качестве силовой установки стационарного дизель-генератора.

***Ключевые слова***: система впуска дизеля, газодинамический наддув, дизель-генератор, длина впускного трубопровода, настроенный трубопровод.

Газодинамический наддув – это способ повышения наполнения цилиндров двигателя свежим зарядом или снижения удельного расхода топлива посредством волновых явлений, возникающих во впускном коллекторе.

Волновые явления во впускном коллекторе возникают в результате периодичности расхода воздуха цилиндрами, определенной порядком их работы, а также вследствие переменности объемного расхода в сечениях впускных клапанов в момент такта впуска.

Для получения эффекта газодинамического наддува необходимо подобрать определенную длину и диаметр трубопроводов впускного коллектора. Такие трубопроводы принято называть настроенными трубопроводами.

Существуют две основные конструктивные схемы газодинамического наддува [1].

Первая схема – с объединенными трубопроводами. Такая схема состоит из трубопроводов, объединяющих несколько цилиндров двигателя воедино (например, в случае рядного шестицилиндрового двигателя используется две группы объединяющих

трубопроводов). Далее каждый объединяющий трубопровод соединяется со своим настроенным трубопроводом, который, в свою очередь, соединяется с емкостью (ресивером).

Использование системы газодинамического наддува с объединенными трубопроводами предпочтительно при равномерном чередовании тактов впуска в цилиндрах двигателя, при котором волны разрежения в каждой группе объединенных цилиндров не следуют друг за другом, что позволяет исключить наложение волн разрежения в отдельно взятом настроенном трубопроводе.

Вторая схема – схема с индивидуальными трубопроводами. В данной схеме к каждому цилиндру подходит индивидуальный настроенный трубопровод, который соединяется с общей емкостью. Данная схема, в отличие от схемы с объединенными трубопроводами, является более универсальной, так как при применении данной системы чередование тактов впуска в двигателе не влияет на ее эффективность.

Для успешного применения газодинамического наддува необходимо первоначально выполнить приблизительный расчет ориентировочной длины настроенного трубопровода. После получения значения длины трубопровода желательно провести моделирование в программной среде, позволяющей учитывать колебания давления во впускном коллекторе. Далее следует провести испытания для получения реальных показателей двигателя изначально с применением серийной впускной системы, а затем с применением настроенной впускной системы.

Остановимся подробнее на расчете приблизительной длины настроенного трубопровода.

Ю.А. Гришиным была предложена формула для приблизительного расчета длины индивидуального настроенного трубопровода для повышения коэффициента наполнения [2]:

$$L_{\eta v\, max} = \frac{a}{2n\sqrt{\left(\frac{720(z+0{,}25}{540-0{,}5\Delta\varphi_з}\right)^2+\left(0{,}22\left(\frac{D}{d}\right)^2\right)^2}}$$

где, a – скорость звука, n – частота вращения двигателя, z - максимум волны, на который производится настройка (z = 2; z =3 для настройки на максимальное наполнение), $\Delta\varphi_з$ – продолжительность открытия впускного клапана за цикл (в °п.к.в.), D – диаметр цилиндра, d – диаметр впускного трубопровода.

Также Ю.А. Гришиным была предложена формула для приблизительного расчета длины индивидуального настроенного трубопровода для настройки на снижение удельного расхода топлива:

$$L_{g_e\, min} = \frac{a}{2n\sqrt{\left(\frac{720\cdot 2{,}75}{540-0{,}5\Delta\varphi_з}\right)^2+\left(0{,}22\left(\frac{D}{d}\right)^2\right)^2}};$$

Был произведен расчет настроенных трубопроводов дизеля 6ЧН13/14.

Исходные данные:

n = 25 $с^{-1}$, D = 0,13 м, d = 0,056 м, $\Delta\varphi_з$ = 250 °п.к.в., z = 2.

Настройка трубопровода на частоту вращения двигателя, равную 25 $с^{-1}$ (1500 $мин^{-1}$) обусловлена тем, что данный двигатель в определенном конструктивном исполнении применяется, как силовая установка автономного источника электроэнергии (стационарный дизель-генератор).

В результате длинна трубопровода, настроенного на максимальный коэффициент наполнения составила $L_{\eta vmax}$ = 1,62 м. Длинна трубопровода, настроенного на снижение удельного расхода топлива составила $L_{gemin}$ = 1,34 м.

Учитывая тот факт, что Ю.А. Гришиным скорее рассматривается длина трубопровода непосредственно до впускного клапана, для определения длины трубопровода необходимо учесть длину впускного канала $L_к$, находящегося в головке блока цилиндров, равную, приблизительно, 0,125 м. В таком случае, для вычисления непосредственно длин

трубопроводов $L_{т\ \eta vmax}$ и $L_{т\ gemin}$ необходимо из полученных ранее значений $L_{\eta vmax}$ и $L_{gemin}$ вычесть длину впускного канала $L_к$.

$$L_{т\,\eta_{v\,max}} = L_{\eta_{v\,max}} - L_к;$$
$$L_{т\,g_{e\,min}} = L_{g_{e\,min}} - L_к;$$

В результате расчетов были получены следующие значения:

$L_{т\ \eta vmax}$ = 1,495 м, $L_{т\ gemin}$ = 1,215 м.

На основании полученных значений можно сделать вывод, что применение индивидуальных трубопроводов для двигателя 6ЧН13/14 при скоростном режиме n = 1500 мин$^{-1}$ сопровождается некоторыми сложностями, а именно довольно большой длиной трубопроводов, что ведет к увеличению габаритных размеров двигателя. Учитывая равномерное чередование тактов впуска рядного шестицилиндрового двигателя, целесообразнее применить систему с объединенными трубопроводами. Тем не менее, дальнейшее исследование применения данных трубопроводов на двигателе 6ЧН13/14 можно считать целесообразным ввиду возможной компоновки трубопроводов, заключающейся в обвивании ими общей емкости (ресивера) либо других технических решений, направленных на уменьшение габаритов настроенного впускного коллектора [3]. Также необходимо подтверждение полученных значений. Для этого необходимо произвести моделирование рабочего процесса в программной среде и провести испытания двигателя с применением настроенной впускной системы. На основании полученных характеристик станет возможным оценка эффективности применения системы газодинамического наддува с данными параметрами на двигателе 6ЧН13/14.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брякотин, М. Э. Повышение технико-экономических показателей двигателя постоянной мощности с газотурбинным наддувом путем настройки впускной системы : дис. … канд. техн. наук : 05.04.02 / Брякотин Максим Эдуардович ; Алт. гос. техн. ун-т им И.И. Ползунова, 1996. – 168 с.

2. Гришин, Ю.А. Газодинамическое совершенствование проточной части двигателя внутреннего сгорания : дис. … д-ра. техн. наук : 05.04.02 / Гришин Юрий Аркадьевич ; Московский гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана, 2000. – 435 с.

3. Крайнюк, А. И. Регулируемые системы газораспределения ДВС: монография / А. И. Патрахальцев. – Луганск : Изд. ВНУ им. В. Даля, 2006. – 232 с. – ISBN 966-590-586-4

УДК 625

## ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СНЕГОУБОРОЧНЫХ МАШИН ТИПА СМ И ПСС

М.А. Семенов, инженер НИЛ «ТТМ и РПС»[1]
Т.В. Семенова, ст. преп.[2]
[1]*Сибирский государственный университет путей сообщения*
[2]*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной статье рассматриваются особенности определения эффективности работы снегоуборочных машин типа СМ и ПСС. Предлагается новый подход к расчету производительности машины. Обосновывается необходимость использования понятия эксплуатационной производительности снегоуборочной машины как достоверного показателя. Представлены параметры и показатели, определенные математическим моделированием, при которых рабочий процесс снегоуборочной техники будет оптимальным.

***Ключевые слова:*** снегоуборочные машины типа СМ и ПСС, эффективность работы, структура рабочей смены, расчетная производительность, эксплуатационная производительность, математическое моделирование, оптимальные параметры и показатели.

Для определения эффективности работы снегоуборочной машины рассмотрим структуру рабочей смены, рисунок 1.

Анализ структуры 12-ти часовой рабочей смены (рисунок 1а) показывает, что рабочий режим машины составляет 24%, а время простоя - 35%. Реальная продолжительности работы машины (рисунок 1б) составляет в среднем 7 часов 15 минут, тогда на рабочий режим приходится 38%, а на холостой режим – 54%.

Для определения путей оптимизации рабочего процесса снегоуборочной техники выявлены причины низкой эффективности показателей, заключающиеся в особенности расчета производительности снегоуборочных поездов [1].

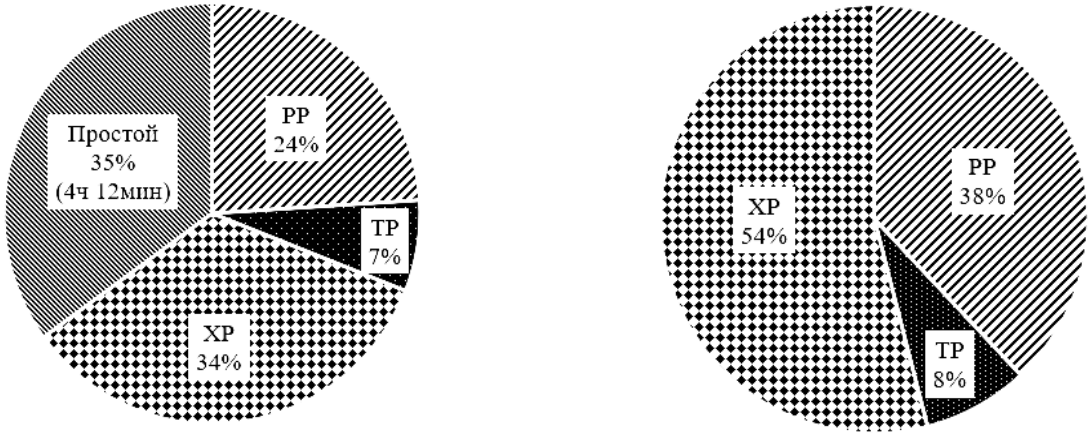



Рисунок 1 – Длительность работы машины в режимах по АС КРСПС
а – структура рабочей смены; б – реальная продолжительность работы машины

Время рабочего цикла снегоуборочных машин типа СМ и ПСС без учета простоев:

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8, \quad (1)$$

где $t_1, t_5$ - время, необходимое для согласования и подготовки маршрута соответственно к месту работы и после загрузки к месту выгрузки снега, мин; $t_2, t_6$ - время следования к фронту работы и к месту выгрузки, мин; $t_3$ - время на установку рабочих органов машины, мин; $t_4$ - время загрузки снегоуборочного поезда, мин; $t_7$ – время на установку выбросного транспортера в рабочее состояние и транспортное положение после разгрузки, мин; $t_8$ - время разгрузки снегоуборочного комплекса, мин [2].

$$t_4 = \frac{60 V_{\text{п}} \text{К}_{\text{з}}}{\Pi_{\text{гм}}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{п}}$ = 340 м$^3$- паспортная вместимость снегоуборочного комплекса, м$^3$; $\text{К}_{\text{з}}$ - коэффициент загрузки снегоуборочного комплекса (0,4 ÷ 0,75 - зависит от плотности снега, погодных условий); $\Pi_{\text{гм}}$ - производительность ротора-питателя снегоуборочного комплекса, м$^3$/ч.

Расчетную производительность снегоуборочной машины $\Pi_{\text{с}}$ (м$^3$/ч) определяем по формуле:

$$\Pi_{\text{с}} = \frac{V_{\text{п}} \text{К}_{\text{з}}}{T_{\text{ц}}} 60, \quad (3)$$

где $T_{\text{ц}}$ – время рабочего цикла, мин.

Как было сказано выше, предлагается использовать длину очищенных путей в качестве основного показателя для расчета производительности машины. Это позволит при организации работы станции планировать работу по очистки путей исходя из их длины и прогноза количества выпавшего снега [3, 4].

Эксплуатационная производительность снегоуборочной машины $\Pi_{\text{э}}$ (м$^3$/ч) с учетом длины очищенных путей и количества выпавшего снега:

$$П_э = \frac{hbL_{смена}}{n_в T_ц} 60, \quad (4)$$

где $h$ – высота снежного покрова, м; $b$ – ширина захвата снегоуборочной машины (с крыльями- 5,1 м; без крыльев – 2,45 м); $L_{смена}$ – длина очищенных путей за смену, м; $n_в$ – количество выгрузок, шт.

Формула (4), в отличие от формулы (3), учитывает высоту выпавшего снега, ширину захвата и длину очищаемых путей, которые позволяют определить технологические параметры необходимые для планирования времени занятия путей под очистку исходя из их характеристик и прогноза величины осадков.

Действующими инструкциями установлено, что для исключения остановки станции, при получении данных о прогнозе снегопадов с уровнем осадков 0,20 м и более, а также мокрого снега с уровнем осадков 0,15 м и более, необходимо принимать экстренные меры по недопущению уровня осадков 0,15 м на железнодорожных путях. Поэтому в расчетах новых нормативных показателей принят уровень убираемого снега до 0,15 м.

Зависимости длины убранных путей, эксплуатационной производительности машин при различных уровнях осадков от времени согласования маршрутов приведены на рисунке 2. Время смены 12 часов. Удаленность места разгрузки от места работ 2 км.

Математическим моделированием определены параметры и показатели, при которых рабочий процесс снегоуборочной техники будет оптимальным [5].

*Обобщенные зависимости длины* очищенных *путей и эксплуатационной производительности от высоты убранного снега* выявили:

1. При времени согласования 5 минут и высоте снега 0,05-0,1 м наблюдается резкий рост производительности от 130 м$^3$/ч до 220 м$^3$/ч, то есть на 69%.

2. Максимальная производительность машин при каждом из вариантов времени согласования достигается при высоте снега 0,1-0,11 м, что соответствует требованиям действующей инструкции о применении машин типа СМ и ПСС. При времени согласования 10 минут очистка путей от снега толщиной менее 0,1 м увеличивает длину очищенных путей не более чем на 20%, при этом производительность уменьшается в 1,8 раза. Увеличение толщины снежного покрова более 0,11 м ведет к снижению длины очищенных от снега путей более чем на 50 % при снижении эксплуатационной производительности менее 20%.

3. Увеличение времени согласования до 20 минут уменьшает длину очищенных от снега путей при высоте покрова 0,1 м с 8000 м до 5000 м со снижением максимальной эксплуатационной производительности до 110 м$^3$/ч (на 40%).

Причем эксплуатационная производительность при толщине снега 0,05 м становится больше, чем при толщине снега 0,15 м, что свидетельствует о неправильной организации работы. При увеличении уровня снега растет количество выгрузок и соответственно увеличивается количество согласований, что при времени согласования 20 минут и более дает обратный эффект – снега больше, а производительность меньше.

4. При времени согласования 30 минут подтверждается предыдущий вывод о неправильной организации работы, так как эксплуатационная производительность падает с увеличением толщины снега.

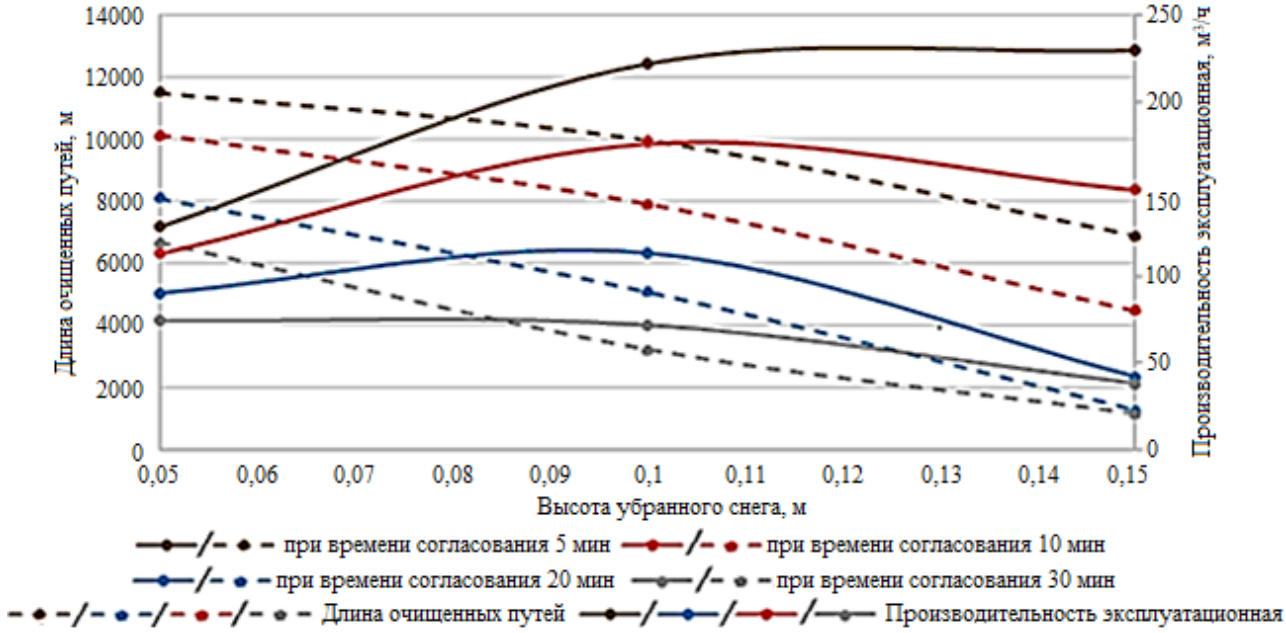



Рисунок 2 – Зависимость длины очищенных путей и эксплуатационной производительности от высоты убранного снега, при $К_З = 0,57$

Обобщенные зависимости длины очищенных путей и эксплуатационной производительности от времени согласования, представленные на рисунке 3, выявили:

1. Увеличение времени согласования наиболее существенно уменьшает длину очищенных путей при толщине снега более 0,1 м.

2. Падение эксплуатационной производительности для всех толщин убираемого снега наиболее значительно в интервале времени согласования от 5 до 15 минут и составляет соответственно при 0,1 м – на 40%, а при 0,15 м – уже на 70%.

3. При времени согласования 5 минут эксплуатационная производительность при толщине снега от 0,1 до 0,15 м максимальна и составляет около 220 м$^3$/ч, при этом превышает в 1,7 раза значение при 0,05м.

4. При уровне убираемого снега 0,05 м увеличение времени согласования не оказывает столь существенного влияния на длину очищенных путей и производительность. Максимальная производительность составляет 125 м$^3$/ч, увеличение времени согласования маршрута на 10 минут влечет снижение производительности не более 25 м$^3$/ч.

Обобщенный анализ зависимостей, приведенных на рисунках 2 и 3, выявил:

1. Время согласования маршрута следования 5 минут при очистке путей от снега толщиной от 0,1 до 0,15 м обеспечивает наибольшую длину очищенных путей при максимальной эксплуатационной производительности машин 220 м$^3$/ч. Очистка путей от снега толщиной менее 0,1 м увеличивает длину очищенных путей не более чем на 20%, при этом производительность уменьшается в 1,7 раза до 125 м$^3$/ч при толщине снега 0,05 м.

2. Для всех толщин убираемого снега снижение длины очищенных путей и эксплуатационной производительности машин наиболее значительно при увеличении времени согласования маршрута с 5 до 15 минут и составляет при толщине снега 0,1 м – на 35% и 40% соответственно, а при 0,15 м – на 65% и 70%.

Таким образом, выявлены *зависимости* производительности машины и длины очищенных путей от высоты выпавшего снега и времени согласования. Эти зависимости позволяют установить новые нормативы - оптимальное время согласования от 5 до 10 минут, толщину снежного покрова 0,1-0,15 м, выработку на машину в смену около 8000 м, при 12-ти часовой смене, коэффициенте средней загрузки 0,57 и расстояние до выгрузки 2 км. При этом эксплуатационная производительность будет составлять 150 – 220 м$^3$/ч (рисунок 3).

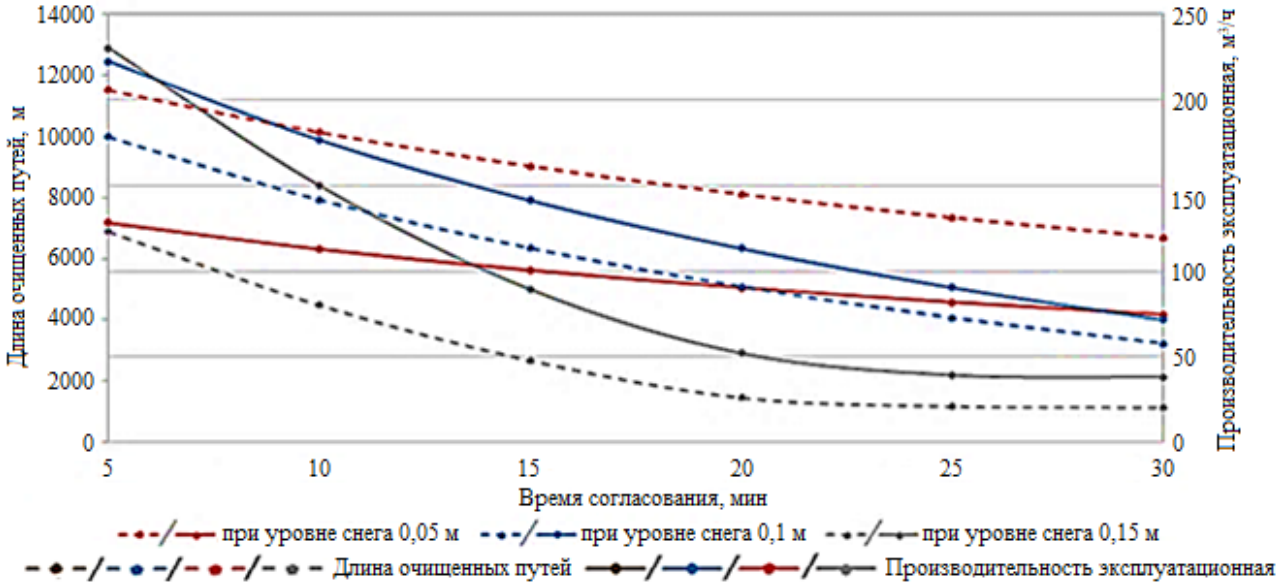



Рисунок 3 - Зависимость длины очищенных путей и эксплуатационной производительности от времени согласования

Установлено, что время согласования маршрута следования 5 минут при очистке путей от снега толщиной от 0,1 до 0,15 м обеспечивает наибольшую длину очищенных путей при максимальной эксплуатационной производительности машин. Очистка путей от снега толщиной менее 0, 1 м увеличивает длину очищенных путей не более чем на 20%, при этом производительность уменьшается в 1,7 раза.

Для всех толщин убираемого снега снижение длины очищенных путей и эксплуатационной производительности машин наиболее значительно при увеличении времени согласования маршрута с 5 до 15 минут и составляет при толщине снега 0,1 м – на 35% и 40% соответственно, а при 0,15 м – на 65% и 70%.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистика: Учебник / И.И. Елисеева, И.И. Егорова и др.; под ред. проф. И.И. Елисеевой. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2003. – 448 с.

2. Семенов, М.А. Повышение эффективности работы снегоуборочной машины типа СМ на основе автоматизированного мониторинга / А.Д. Абрамов, М.А. Семенов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. -2021 - № 3 (58). С. 40-49.

3. Инструкция по снегоборьбе на железных дорогах Российской Федерации»: утв. МПС РФ от 25.04.2000 № ЦП-751. – 2000.

4. Инструкция по подготовке к работе в зимний период и организации снегоборьбы на железных дорогах, в других филиалах и структурных подразделениях ОАО «РЖД», а также его дочерних и зависимых обществах: утв. распоряжением ОАО «РЖД» 22.10.2013 № 2243р. – 2012.

5. Семенов, М.А. Совершенствование рабочего процесса уборки снега от внедрения мероприятий по оптимизации структуры затрат // А.Д. Абрамов, М.А. Семенов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2022 - № 2 (54). С. 117-127.

УДК 625.174

# СОЗДАНИЕ АЛГОРИТМА ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПУТЕЙ ОТ СНЕГА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МАШИН ТИПА СМ И ПСС

М.А. Семенов, инженер НИЛ «ТТМ и РПС»[1]
Т.В. Семенова, старший преподаватель[2]
[1]*Сибирский государственный университет путей сообщения*
[2]*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной статье рассматривается проблема необходимости создания алгоритма планирования процесса очистки путей от снега машинами типа СМ и ПСС. Предлагаемая методика расчета эксплуатационных и технологических параметров рабочего процесса снегоуборочных машин сведена в алгоритм, который может быть использован как для долгосрочного планирования, так и для оперативного принятия обоснованных управленческих решений в результате анализа выявленных отклонений от плановых значений.

***Ключевые слова:*** алгоритм планирования, процесс очистки путей от снега, машины типа СМ и ПСС, повышение эффективности работы, оптимизация расходов.

В настоящее время затраты по парку снегоуборочных машин типа СМ и ПСС [1] в Новосибирской механизированной дистанции инфраструктуры в среднем за год составляют 241,9 млн. руб. Структура затрат представлена на рисунке 1.

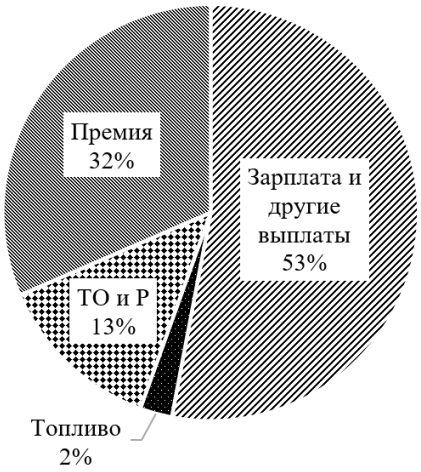



Рисунок 1 - Структура затрат ПЧМ Новосибирск на снегоуборочные машины

Планирование затрат включает расчеты по определению необходимого количества руководителей среднего звена и работников, объема и затрат на дизельное топливо; фондов заработной платы и премирования, затрат на техническое обслуживание.

Необходимое количество снегоуборочной техники для конкретного участка пути (например, станции и т.п.) рассчитано по формуле [2]:

$$N = L_{\text{раз}}/6L_{\text{смена}}, \quad (1)$$

где $L_{\text{раз}}$ - суммарная развернутая длина станционных путей, убираемых от снега снегоуборочными поездами, м; 6 – количество суток, за которые станция должна быть очищена от снега; $L_{\text{смена}}$ – длина очищенных путей снегоуборочной машиной за смену, определяемая по формуле:

$$L_{\text{смена}} = 3005{,}3 + 11{,}54V_{\text{с}} + 139{,}57t_{\text{рр}} - 87950{,}27h, \quad (2)$$

где $V_c$ - объем убранного снега, м$^3$; $t_{\text{рр}}$ - время рабочего режима, ч; $h$ - высота снежного покрова, м.

Зная продолжительность снегоуборочного сезона и необходимое количество снегоуборочных машин, определено требуемое количество бригад и объем топлива [3].

Оптимизация расходов на премии. Размер фонда премирования определен, исходя из длины убранных путей, взятого из программного обеспечения АС КРСПС. Учитывая нормы часов и общую продолжительность работы снегоуборочных машин, рассчитано количество бригад, задействованных в работе машин, и их численный состав [4]. На предприятии существует Положение о премировании работников, утвержденное приказом № УРДПМ-34 от 31.01.2018г., в котором часть бригад, приписанных к станции Инская с III уровнем премии, составляющим 72%, а у бригад других станций III уровень премии составляет 48%,

тогда формула для расчёта затрат предприятия на выплату премий машинистам и помощникам машиниста будет выглядеть следующим образом [5]:

$$Ф_{п} = \left(К_{б1} \times У_{зи} + К_{б2} \times У_{зд}\right)(С_{м} + 2С_{пм}) \times О_{т}, \quad (3)$$

где $К_{б1}, К_{б2}$ – количество бригад по Инской и другим станциям, шт; $У_{зи}$, $У_{зд}$ – коэффициент III уровня премии по Инской и другим станциям; $С_{м}$, $С_{пм}$ – стоимость часа работы машиниста и помощника машиниста, руб.; $О_{т}$ – общее время работы за период, час.

Оптимизация расходования топлива. Через длину очищенных путей проще рассчитать удельный расход топлива, так как рабочий режим машины определяется программой, а длина очищенных путей – постоянная величина для данного маршрута.

За 2019-2020 гг. снегоуборочные машины по АСУ СПС израсходовали 133 498,5 кг топлива, в рабочем режиме отработали 8254 ч, а в холостом - 4110 ч; по АС КРСПС израсходовали 62 700,4 кг топлива, в рабочем режиме отработали 2819 ч, в холостом - 9311 ч. За 2020-2021 годы снегоуборочные машины по АСУ СПС израсходовали 134 054 кг дизельного топлива, в рабочем режиме отработали 4765 ч, в холостом - 6625 ч; по АС КРСПС израсходовали 95204,8 кг топлива, в рабочем режиме отработали 2119 ч, в холостом - 6571 ч.

Плановые значения при введении нового норматива расхода дизельного топлива при высоте 0,05 м убранного снега работы обеспечивает сокращение холостого режима на 70 %, что в денежном эквиваленте за 2019-2020 гг. равно 4 664,3 тыс.руб., за 2020-2021 гг. – 3 817,6 тыс.руб.

Оптимизация расходов при уровне снега 0,1 метра. Оптимизация расходов произведена с учетом требований Инструкции № ЦП-751 от 25.04.2000, согласно которой применение путевой машины по уборке снега при толщине снежного покрова ниже 0,1 м считается необоснованным. Нормативная длина очищенных путей при 10 минутах согласования, высоте убираемого снега 0,1 м и коэффициенте заполнения 0,57 равна 7841 м. Нормативная производительность составит 175 м$^3$/ч. За 2019-2020 годы очищено 3 964 488 м путей от снега за 1135 смен. Объем убранного снега составил 212 697 м$^3$. За 2020-2021 годы очищено 3 537 544 м путей от снега за 1010 смен. Объем убранного снега составил 246 682,3 м$^3$. Тогда результаты расчета экономического эффекта от введения нового норматива на очистку путей от снега при уровне убираемого снега 0,1 м представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

Экономический эффект от введения нового норматива на очистку путей от снега при уровне убираемого снега 0,1 м

| | Заработная плата, тыс.руб. | Премия, тыс.руб. | Топливо, тыс.руб. | Итого, тыс.руб. |
|---|---|---|---|---|
| 2019-2020 | 136 805,8 | 49 925,4 | 5 410,6 | 192 141,8 |
| 2020-2021 | 110 536,7 | 34 844,3 | 4 837,1 | 150 218,1 |
| В среднем | 123 671,2 | 42 384,9 | 5 123,9 | 171 180 |

Оптимизация расходов на ремонты. Объем убранного снега является нормативным показателем для межремонтного пробега снегоуборочных машин типа СМ и ПСС, таблица 1. Для определения связи между научно - обоснованными нормативными показателями межремонтного пробега и величиной длины очищаемых путей определены зависимости между длиной очищаемых путей, формула (4) и объемом убранного снега, формула (5).

$$L_{год} = 7{,}3175V_{с} + 228523 \quad (4)$$

$$L_{год} = 1521{,}5t_{рр} + 28084 \quad (5)$$

где 228523, 28084 - коэффициенты, показывающие какая часть очищенного пути не зависит от объема убранного снега и времени рабочего режима; 7,3175, 1521,5 – коэффициенты, показывающие во сколько раз увеличивается длина очищенных путей при увеличении объема убранного снега на 1 м$^3$ и времени рабочего режима на 1 час [6].

При подстановке регламентных сроков проведения ремонтов определены новые сроки, таблица 2.

Из таблицы следует, что при использовании данных АС КРСПС по объему убранного снега, периоды между техническими обслуживаниями увеличатся в 4,6 раза. Применение в качестве нормативных показателей длины убранных путей обеспечивает сокращение количества обслуживаний в 1,96 раза на машину, при периодичности капитального ремонта 31 год.

*Таблица 2*

Нормативные показатели проведения ТР, существующие в настоящее время и в зависимости от длины убираемых путей

| Вид ремонта | Объем убранного снега, тыс. $м^3$ | Периодичность проведения в годах по АСУ СПС | Периодичность проведения в годах по АС КРСПС | Длина очищаемых путей, тыс. м | Периодичность проведения в годах | Время работы машины, ч |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ТР-1 | 300 | 2,4 | 11 | 2 424 | 6 | 1 393 |
| ТР-2 | 600 | 4,8 | 22 | 4 619 | 10,7 | 2 631 |
| КР-1 | 1 800 | 14,3 | 66 | 13 400 | 31 | 7 585 |

Основными узлами и агрегатами, имеющими стандартизированное время наработки до отказа, являются: цепь ПР-50,8-227, используемая для привода транспортеров и являющейся тяговой для головного транспортера, и электродвигатели приводов транспортеров. Головной транспортер является самым нагруженным узлом снегоуборочной машины, и время его работы полностью совпадает со временем работы машины в рабочем режиме [5].

При анализе ГОСТ 13568-97, по которому изготовлена цепь ПР-50,8-227, наработка на отказ составляет 750 часов, предлагается в регламентные виды ремонтов снегоуборочных машин ввести дополнительный вид ремонта, при котором будет производиться только замена тяговой и приводной цепи головного транспортера, как наиболее нагруженных узлов. Полную замену цепей предлагается производить каждые три года после окончания сезона, что при средней наработке машин составит 729 часов для цепей.

Таким образом, доказано, что норматив наработки, основанный на длине убранных путей, коррелируется с наработкой узлов и агрегатов машины и обеспечивает существенную экономию средств.

Доказано, что норматив наработки, основанный на длине очищенных путей, коррелируется с наработкой узлов и агрегатов машины и обеспечивает экономию средств 4617,8 тыс. рублей при сокращении количества обслуживаний в 1,96 раза на машину.

5. Предложена методика и алгоритм (рисунок 2) планирования работ, основанные на длине очищаемых путей с учетом уровня снегоотложения при организации процесса очистки путей от снега машинами типа СМ и ПСС с минимальными финансовыми затратами с применением средств автоматизированного мониторинга.

6. Разработаны предложения по реформированию системы нормативов для организации процесса уборки снега машинами типа СМ и ПСС в ОАО «РЖД» посредством автоматизированного мониторинга.

Эти решения могут оказать существенное значение для организации бесперебойной работы железнодорожного транспорта в зимнее время. В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований обоснован и предложен новый показатель для определения норматива наработки, основанный на длине очищенных путей [6].

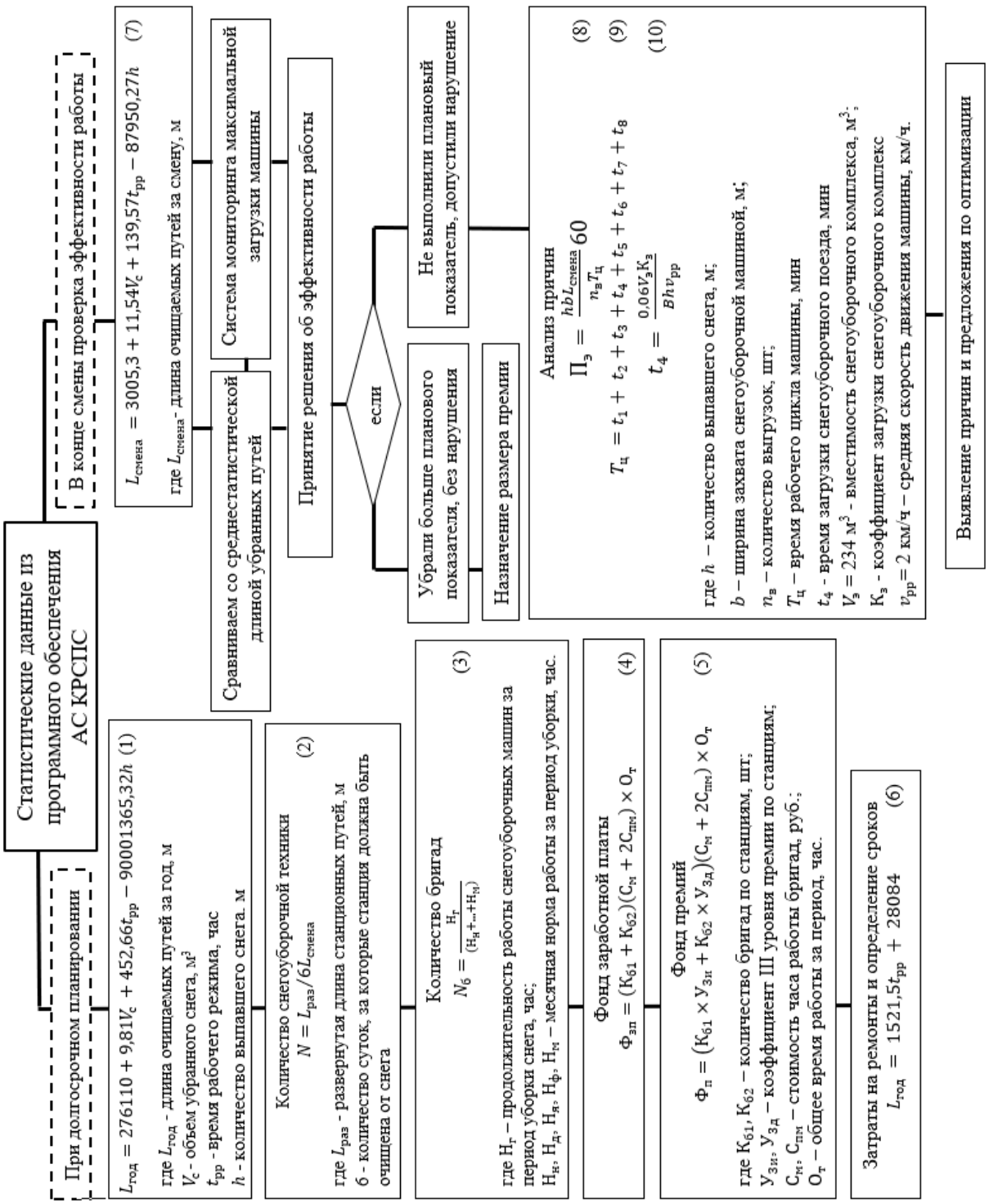



Рисунок 2 – Алгоритм планирования процесса очистки снега

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соломонов, С.А. Путевые машины: Учебник для вузов ж. -д. транспорта / С. А. Соломонов [и др.]. - М.: Желдориздат, 2000. - 756 с.

2. Статистика: Учебник / И.И. Елисеева, И.И. Егорова и др.; под ред. проф. И.И. Елисеевой. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2003. – 448 с.

3. Карпущенко, Н.И. Организация и технология машинизированного текущего содержания пути на дистанции: учебное пособие / Н.И. Карпущенко, А.А. Николаенко, А.А. Карманов, Д.В. Величко. – Новосибирск: СГУПС, 2005. – 194 с.

4. Инструкция по подготовке к работе в зимний период и организации снегоборьбы на железных дорогах, в других филиалах и структурных подразделениях ОАО «РЖД», а

также его дочерних и зависимых обществах: утв. распоряжением ОАО «РЖД» 22.10.2013 № 2243р. – 2012.

5. Семенов, М.А. Организация эксплуатации и рабочих процессов снегоуборочных машин типа СМ и ПСС на основе автоматизированного мониторинга / М.А. Семенов // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. - 2022 - № 2 (61). С. 44-56.

6. Семенов, М.А. Совершенствование рабочего процесса уборки снега от внедрения мероприятий по оптимизации структуры затрат // А.Д. Абрамов, М.А. Семенов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2022 - № 2 (54). С. 117-127

УДК 629.016

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССА ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ГАЗОТУРБИННЫМ НАДДУВОМ

А.А. Старцев, Д.С. Агафонов, А.Н. Потянихин, А.В. Кондрашкин
*Новосибирское высшее военное командное училище*

***Аннотация.*** В статье представлено исследование особенностей работы газотурбинного наддува дизельного двигателя на переходных режимах работы. С помощью эксергетического метода были описаны структуры изменения энергии потока отработавших газов на установившемся режиме работы и на переходных режимах работы двигателя. Авторами рассмотрены способы улучшения воздухоснабжения дизельных двигателей с газотурбинным наддувом при работе на переходных режимах.

***Ключевые слова:*** эксергетический метод; газотурбинный наддув; переходный режим.

Применение газотурбинного наддува позволяет повысить мощность двигателя без увеличения рабочего объема и угловой скорости коленчатого вала двигателя [1]. Совершенствование систем газотурбинного наддува, усложнение конструкций и способов регулирования турбокомпрессоров способствуют увеличению габаритной мощности двигателей, улучшению приспособляемости двигателей, улучшению экономических и экологических показателей. Несмотря на все присущие дизельным двигателям с газотурбинным наддувом преимущества можно отметить ряд недостатков, проявляющихся на переходных режимах работы. Эти недостатки связаны, прежде всего, с инерционностью турбокомпрессора, которая способствует ухудшению воздухоснабжения дизельного двигателя с газотурбинным наддувом на режимах частичных нагрузок, а также на переходных режимах работы, и приводит к снижению качества протекания рабочего процесса, неполному сгоранию топлива, возрастанию дымности отработавших газов [2]. В результате ухудшаются топливно-экономические характеристики двигателя. При этом известно, что в объектовых условиях дизельный двигатель большую часть времени работает на переходных режимах или режимах частичных нагрузок [3]. Таким образом, исследование, направленной на поиск путей улучшения воздухоснабжения дизельного двигателя с газотурбинным наддувом на переходных режимах работы является актуальным.

Для исследования процесса воздухоснабжения дизельного двигателя с газотурбинным наддувом был использован эксергетический метод, позволяющий наглядно рассмотреть особенности работы систем наддува на различных режимах работы двигателя.

Известно, что работа турбокомпрессора обеспечивается отработавшими газами. На выходе из цилиндра поток отработавших газов обладает энергией $E_{ОГ}$ (рис. 1), которая представляет собой сумму тепловой энергии $Q_{ОГ}$, образованную при сгорании топлива [4],

кинетической энергии потока $E_{КИН}$, химической энергии $E_{ХИМ}$, связанной с возможностью протекания химических реакций в термодинамической системе [5] и потенциальной энергии $E_{П}$, образованной в результате преобразования части кинетической энергии $E_{КИН}$ [6]:

$$E_{ОГ} = Q_{ОГ} + E_{ХИМ} + E_{П} + E_{КИН}$$

При поступлении отработавших газов из цилиндров двигателя на рабочее колесо турбины, часть потенциальной энергии $E_{\text{п}}$ преобразуется в кинетическую $E'_{\text{кин}}$, а на рабочем колесе турбины сумма кинетических энергий $E_{КИН} + E^{i}_{КИН}$ преобразуется в механическую энергию $E_{\text{мех}}$. Эта механическая энергия $E_{\text{мех}}$ поступает через ротор турбокомпрессора на рабочее колесо компрессора. Газы, прошедшие турбину и обладающие кинетической $E''_{\text{кин}}$, потенциальной $E''_{\text{пот}}$, тепловой $Q''_{\text{ог}}$ и химической $E''_{\text{хим}}$ энергиями, поступают в окружающую среду.

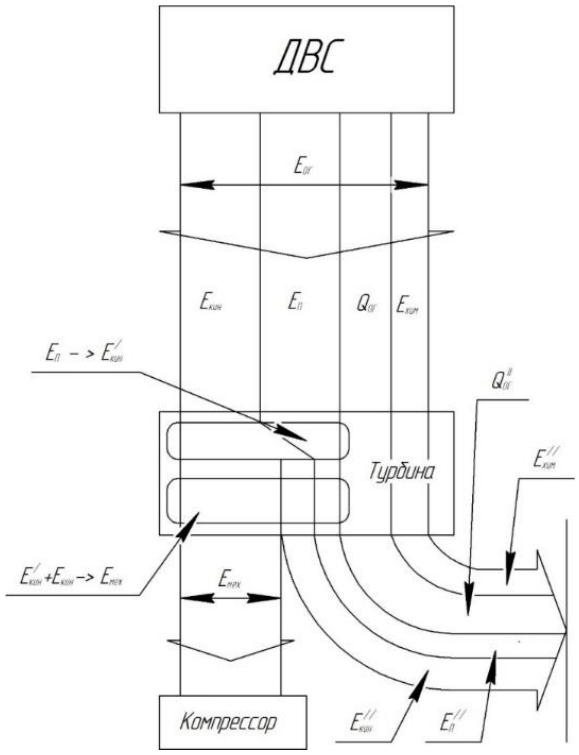



Рис. 1. Структура преобразования энергии потока отработавших газов на установившемся режиме работы двигателя

Переходный режим работы двигателя связан с увеличением цикловой подачи топлива при низком коэффициенте избытка воздуха (рис. 2). Энергия отработавших газов $E^{i}_{\text{ог}}$, образованная на этом цикле, имеет большие значения, чем энергия отработавших газов предыдущего цикла $E_{\text{ог}}$. Эта энергия $E^{i}_{\text{ог}}$ , поступая в турбину, преобразуется в механическую энергию $E^{i}_{\text{мех}}$ и имеет большие значения, чем механическая энергия на предыдущем цикле $E_{\text{мех}}$. Поступая на рабочее колесо компрессора, механическая энергия $E^{i}_{\text{мех}}$ способствует увеличению массового расхода воздуха $G^{i}_{\text{к}}$.

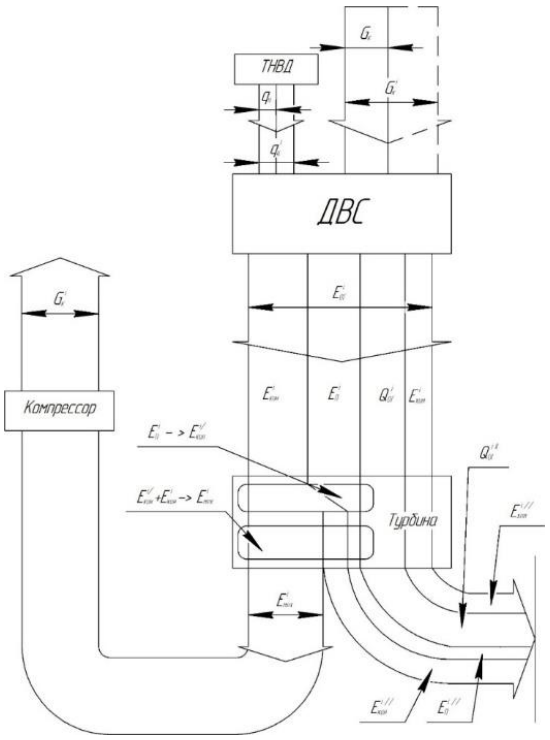



Рис. 2. Структура преобразования энергии потока отработавших газов
на переходном режиме работы двигателя

Таким образом, увеличение массового расхода воздуха может быть обеспечено только за счет сгорания большего количества топлива при низком коэффициенте избытка воздуха. Образуется ряд циклов, начинающихся с увеличения подачи топлива, в которых на переменных режимах работы будет происходить ухудшение качества протекания рабочего процесса.

Увеличение энергии свежего заряда воздуха при работе дизельного двигателя с газотурбинным наддувом на переходном режиме можно описать уравнением:

$$\frac{dE_{СЗ}}{d\tau} = \frac{d\left(E_{ТК} + E_{ОГ}\right)}{d\tau}, \qquad (1)$$

При этом, кинетическая энергия ротора турбокомпрессора равна:

$$E_{ТК} = \frac{\left(J_K + J_T\right)\cdot \omega_{ТК}^2}{2}, \qquad (2)$$

где $J_K$ - момент инерции рабочего колеса компрессора;

$J_T$ - момент инерции рабочего колеса турбины;

$\omega_{ТК}$ - угловая скорость вращения ротора турбокомпрессора.

Из представленных уравнений (1) и (2) следует, что величина энергии свежего заряда воздуха $E_{СЗ}$ зависит от величины кинетической энергии ротора турбокомпрессора $E_{ТК}$ и величины энергии отработавших газов $E_{ОГ}$. Величина отработавших газов $E_{ОГ}$ в первые циклы переходных режимов зависит от величины цикловой подачи топлива. Величина кинетической энергии ротора турбокомпрессора $E_{ТК}$ зависит от значений момента инерции

ротора турбокомпрессора $J_{ТК}$ и угловой скорости вращения ротора турбокомпрессора $\omega_{ТК}$. Необходимо учитывать тот факт, что разгон ротора турбокомпрессора начинается не от $\omega_{ТК} = 0$, а от частоты вращения ротора турбокомпрессора, соответствующей исходной нагрузке, от которой начинается процесс разгона. Значение момента инерции ротора турбокомпрессора $J_{ТК}$ является величиной постоянной, поэтому увеличение кинетической энергии ротора турбокомпрессора $E_{ТК}$ зависит от увеличения угловой скорости вращения ротора турбокомпрессора $\omega_{ТК}$.

Ускорение частоты вращения ротора турбокомпрессора представляется следующей зависимостью [7]:

$$\frac{d\omega_{ТК}}{dt} = \frac{\Delta M_{Т}}{J_{ТК}}, \tag{3}$$

где $M_{ТК}$ - крутящий момент ротора турбокомпрессора

Из представленного уравнения видно, что ускорение частоты вращения ротора турбокомпрессора зависит от полярного момента инерции массы ротора турбокомпрессора $J_{ТК}$ и избыточного момента турбины относительно момента компрессора $M_{ТК}$.

Увеличение энергии свежего заряда воздуха при работе дизельного двигателя с газотурбинным наддувом на переходном режиме также возможно путем подвода дополнительной энергии к ротору турбокомпрессора. В этом случае уравнение (1) примет следующий вид:

$$\frac{dE_{СЗ}}{d\tau} = \frac{d\left(E_{ТК} + E_{ОГ}\right)}{d\tau} + E_{ВИ}, \tag{4}$$

где $E_{ВИ}$ - дополнительный внешний источник энергии.

Существует множество технических решений, в которых реализован данный принцип, но наибольший интерес получили технические решения с применением высокоскоростных электрических машин, в том числе и обратимых. Данные устройства имеют большие преимущества перед остальными техническими решениями, поскольку позволяют сформировать необходимую скоростную характеристику двигателя на низких частотах вращения коленчатого вала и рекуперировать излишнюю энергию отработавших газов на высоких частотах вращения коленчатого вала.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать вывод, что для улучшения воздухоснабжения дизельного двигателя с газотурбинным наддувом представляется возможным три способа:

- сохранение кинетической энергии ротора турбокомпрессора $E_{ТК}$ поддержанием высоких значений угловой скорости вращения ротора турбокомпрессора $\omega_{ТК}$ за счет применения ротора турбокомпрессора с большими значениями момента инерции ротора турбокомпрессора $J_{ТК}$ и системы перепуска впускного воздуха [8].

- улучшение приемистости ротора турбокомпрессора за счет снижения момента инерции ротора турбокомпрессора $J_{ТК}$;

- подвод дополнительной энергии $E_{ВИ}$ к ротору турбокомпрессора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крутов В.И. Регулирование турбонаддува двигателей внутненнего сгорания: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1978. – 213 с.

2. Каминский Р.В. Методика создания типоразмерного ряда турбокомпрессоров для двигателей внутреннего сгорания различного назначения [Текст]: дис. … канд. тех. наук / Р.В. Каминский. - М.: МАМИ, 2015. – 128 с.

3. Тимошенко Д.В. Исследование и улучшение динамических качеств переходных режимов работы комбинированных двигателей внутреннего сгорания [Текст]: дис. … канд. тех. наук / Д.В. Тимошенко. - Хабаровск: ХГТУ, 2003. – 196 с.

4. Белов П.М. Двигатели армейских машин. В 3 ч. Ч 1. Теория [Текст] / П.М. Белов, В.Р. Бруячко, Е.И. Акатов. – М.: Воениздат, 1972. – 568 с.

5. Арнольд Л.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для ВУЗов [Текст] / В.М. Архангельский, М.М. Вихерт, А.Н. Воинов. – М.: Машиностроение, 1997. – 469 с.

6. Терещенко Е.С. Сокращение времени разгона дизелей с газотурбинным наддувом гусеничных и колесных машин: монография / Е.С. Терещенко [и др]. – Омск: Омское книжное издательство, 2013. – 100 с.

7. Ханин Н.С. Наддув и нагнетатели автомобильных двигателей [Текст] / Н.С. Ханин, А.Н. Шерстюк. – М.: Машиностроение, 1985. – 221 с.,

8. Патент 207444 Российская Федерация, МПК F02B 37/16 Дизельный двигатель внутреннего сгорания военной гусеничной машины с устройством регулирования наддува [Текст] / Шелпаков С.Ю.. и др.; заявитель и патентообладатель С.Ю. Шелпаков, А.Л. Ахтулов. – 2021121744; заявл. 21.07.2021; опубл. 28.10.2021, Бюл. № 31.

УДК 631.372:629.114.2

# ФРОНТАЛЬНЫЙ ПРОКАЛЫВАТЕЛЬ-ЩЕЛЕРЕЗ СО СТАБИЛИЗАТОРОМ КОЛЕБАНИЙ

Р.О. Сурин, аспирант
Е.Е. Кузнецов, д-р техн. наук, доцент
С.В. Щитов, д-р техн. наук, профессор
*Дальневосточный государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье предложена конструкция и обосновано применение фронтального прокалывателя-щелереза со стабилизатором колебаний, предназначенного для использования в сельском хозяйстве зон рискованного земледелия для обработки почвы, в целях улучшения водопроницаемости, снижения эффекта переуплотнения почв и формирования плужной подошвы, сохранения плодородия и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

***Ключевые слова*:** колёсный трактор, щелевание, разуплотнение, урожайность, эффективность

Необходимой и наиболее важной операцией в системе Амурского земледелия является основная обработка почвы. При этом технологические требования к самому процессу обработки могут значительно изменяться, так как они во многом зависят от агроклиматических, физических и биологических показателей плодородного слоя почвы, сформировавшимися на период проведения полевых работ в различных районах области.

Одной из перспективных конструкций, предназначенных для региональной почвенно-климатической зоны Амурской области, характеризующейся высокой степенью влажности почвенного слоя в период посева, является комбинированная посевно-разуплотняющая

машина на базе колёсного трактора класса 5-8, посевного агрегата и разуплотняющего устройства прокалывающего типа. Она способна минимизировать количество проходов сельскохозяйственной техники по полю и провести щелевание плодородного слоя, в следствие чего, как было установлено производственными наблюдениями и отмечено в трудах авторов [1,3], снижается переуплотнение, повышаются водо-воздушные характеристики почвы, улучшается плодородие и увеличивается урожайность сельскохозяйственных культур. Вместе с тем, в процессе экспериментального исследования опытной посевно-разуплотняющей машины отмечено, что устройство нуждается в доработке конструкции, так как наблюдается неравномерное по глубине щелевание, что обосновано неконтролируемыми колебаниями вследствие неровностей обрабатываемой поверхности и отсутствием эффекта прижима щелевательного блока.

В результате патентного поиска, базируясь на результатах проведённых исследований [2] было предложено эффективное устройство для стабилизации колебаний фронтального прокалывателя-щелереза при проведении почвенной обработки по патенту РФ № 2754595, конструкция и принцип работы которого описаны в работе [4]. Основные элементы конструкции и способ её установки представлены на рисунке 1 и 2.

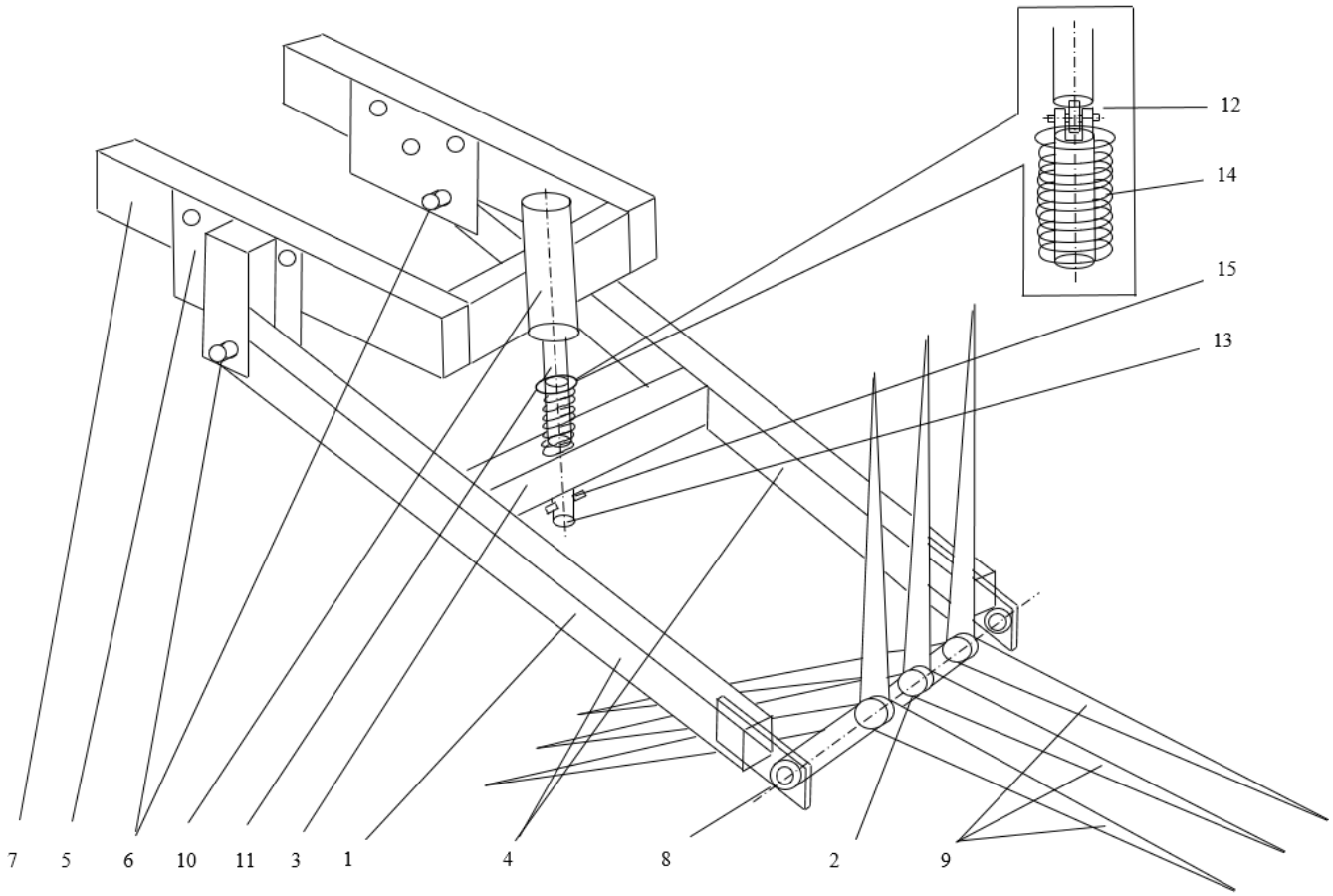



Рисунок 1 - Фронтальный прокалыватель-щелерез со стабилизатором колебаний

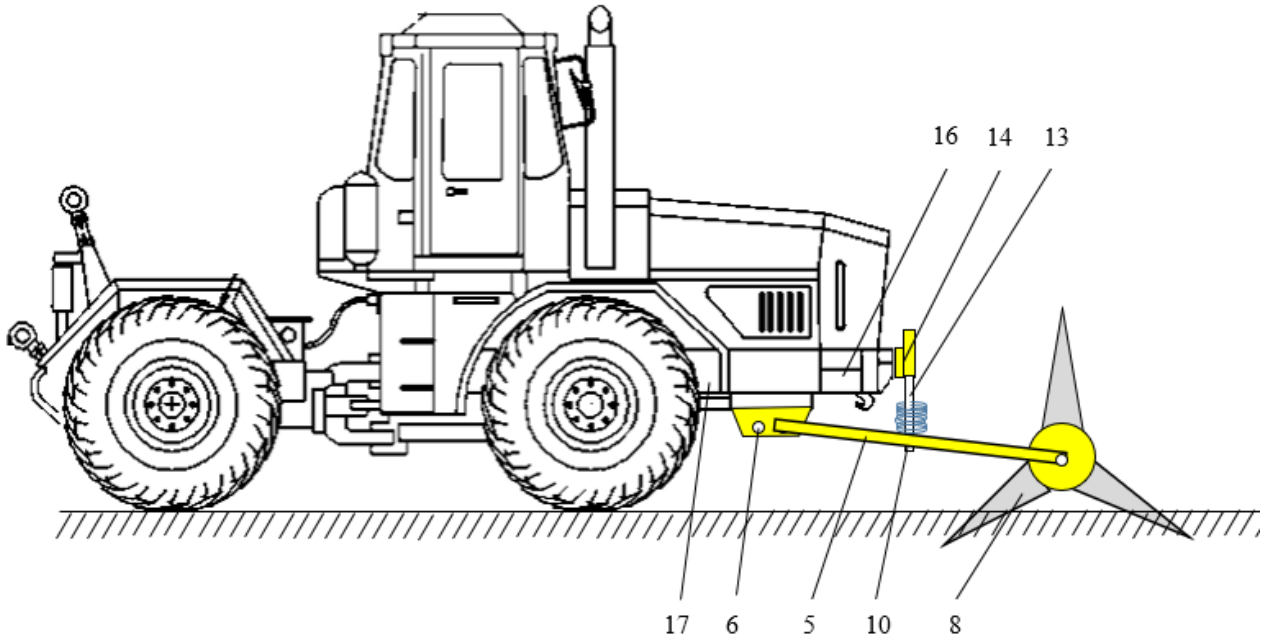



Рисунок 2 - Профильный вид колёсного полурамного трактора с установленным фронтальным прокалывателем-щелерезом со стабилизатором колебаний

Главной задачей, которую выполняет рассматриваемая конструкция, является повышение водопроницаемости почвенного плодородного слоя за счёт его прокалывания, снижение давления ходовой части колёсного полурамного энергетического средства на обрабатываемые почвы в целях сохранения плодородия и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур, повышение производительности и скоростных параметров полурамного колесного трактора, при применении несложного конструкционно устройства, фронтально агрегатируемого, имеющего возможность стабилизации вертикальных колебаний и подпруживания конструкции в работе, простого в изготовлении, обладающего высокой надёжностью, долговечностью, удобством в обслуживании и эксплуатации.

Фронтальный прокалыватель-щелерез со стабилизатором колебаний выполнен в виде пространственной рамы, состоящей из соединённых между собой методом сварки передней фронтальной поперечной трубчатой тяги 1, нагружающе-поддерживающей поперечной тяги 2, задней поперечной тяги 3 и продольных трубчатых тяг 4 и 5, смонтированной болтовым соединением на раме колесного полурамного трактора в косыночных упорах 6 с силовыми шарнирами 7, при этом разуплотняющие рабочие органы 8 установлены в подшипниковых узлах 9 передней фронтальной поперечной трубчатой тяги 1, выполнены лучеобразными для прокалывания почвенного слоя, в конструкции присутствует нагружающий гидроцилиндр 10, рабочий шток 11 которого выполнен с верхним и нижним тарельчатыми ограничителями 12 и 13, между которыми установлена нажимная цилиндрическая пружина 14 сжатия, при чём рабочий шток 11 нагружающего гидроцилиндра 10 установлен в отверстии срединной части нагружающе-поддерживающей поперечной тяги 2 рамы и закреплен нижним тарельчатым ограничителем 12, а опорный кронштейн 15 гидроцилиндра 10 приварен методом контактной сварки к фронтальной части переднего силового бампера 16 трактора 17.

Данное устройство работает следующим образом:

При въезде на поле, оператор полурамного трактора 17 при помощи нагружающего гидроцилиндра 10 опускает пространственную раму фронтального прокалывателя-щелереза со стабилизатором колебаний на почвенную поверхность и производит заглубление лучеобразных прокалывающих рабочих органов 8, при этом происходит перераспределение части веса колесного трактора на рабочие органы 8. Далее, в движении, происходит кручение передней фронтальной поперечной трубчатой тяги 1 с лучеобразными

прокалывающими рабочими органами 8 в подшипниковых узлах 9, пассивное заглубление органов 8 на глубину, соответствующую длине луча рабочего органа 8 и проворачивание в почвенном слое, что производит операцию прорезания почвенного слоя, его щелевания, разуплотнения и крошения. При чём глубину обработки также можно регулировать увеличением силовой нагрузки, сообщаемой нагружающим гидроцилиндром 10.

При осуществлении щелевания на невыравненных почвах с высоким количеством камней и наезде на камень пространственная рама приподнимается, сжимая нажимную цилиндрическая пружину 14 между нагружающе-поддерживающей поперечной тягой 2 и верхним тарельчатым ограничителем 12, что вызывает реакцию силового противодействия, способствующую стабилизации вертикальных колебаний рамы, подпруживанию и выравниванию конструкции фронтального прокалывателя-щелереза без его выглубления, при этом не снижается агротехническая скорость и производительность агрегата.

При отсутствии необходимости в применении фронтального прокалывателя-щелереза со стабилизатором колебаний оператором трактора 17 опускание пространственной рамы фронтального прокалывателя-щелереза на почвенную поверхность и заглубление лучеобразных прокалывающих рабочих органов 8 не производится.

Конструктивные особенности лучеобразных разуплотняющих рабочих органов при перекатывании и заглублении формируют пунктирную воронкообразную линию разреза почвенного пласта, что позволит отводить излишнюю влагу из прилегающих к разрезу слоёв и увеличить её запасы в подпочвенном слое, таким образом улучшая условия жизнедеятельности растений и повышая их урожайность.

Таким образом с минимальными затратами мощности полурамного колесного энергетического средства производится операция щелевания, что при применении устройства в составе комбинированного агрегата с посевным комплексом, позволяет решить задачу, как отвода излишков влаги, так и создания наиболее благоприятных условий для развития посевного материала, следовательно, уменьшения сроков технической спелости культур и повышения их валового сбора.

Предлагаемая к исследованию конструкция, в сравнении с ранее известными разуплотняющими устройствами, отличается как эффективностью агрегатирования и работы, так и высокими надёжностными характеристиками, что, несомненно, будет востребовано в региональном сельском хозяйстве регионов, относящихся к категории зон экстремального земледелия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев В.И., Вольнов В.В. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае. Монография: Барнаул: Алт.ГАУ, 2010. - С.178

2. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: Монография. ДальГАУ-Благовещенск, 2017. - С.272

3. Скурятин Н.Ф., Соловьев Е.В., Соловьёв С.В., Бондарев А.В. Методы оптимизации конструктивных и эксплуатационных параметров тракторных транспортно-технологических агрегатов: монография. Москва; Белгород: ООО «Издательско-книготорговый центр Колосс», 2020. – С.129

4. Сурин, Р.О. Перспективные конструктивные схемы сельскохозяйственных машин для проведения полевой обработки почвы/ Р.О.Сурин [и др.] // 65я Международная научная конференция Евразийского Научного Объединения ISSN 2411-1899 Теоретические и практические вопросы современной науки / Сборник научных работ 65й Международной научной конференции Евразийского Научного Объединения (г. Москва, июль 2020). -№ 7(65). - Москва: ЕНО, 2020. - С.117-120

УДК 623.618

# ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ СРЕДСТВАМИ МЕХАНИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ-СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.О. Сурин, аспирант
Е.В. Маршанин, аспирант
В.В. Леонов, аспирант
Е.Е. Кузнецов, д-р техн. наук, доцент
С.В. Щитов, д-р техн. наук, профессор
*Дальневосточный государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Для устойчивого развития сельскохозяйственной отрасли Амурской области рассмотрены основные целевые ориентиры и направления, а также варианты решения отраслевых задач, связанных с развитием сельского хозяйства региона. В результате чего определены основные направления машинно-технологической модернизации сельского хозяйства области с использованием федеральных, региональных и муниципальных целевых программ.

***Ключевые слова:*** сельское хозяйство, обеспеченность, сельскохозяйственная техника, классификация тракторов.

К главным показателям, определяющим категории и виды средств региональной механизации сельскохозяйственного производства относятся: естественные природно-климатические условия региона (температура воздуха, количество осадков, влажность воздуха и др.), тип и физико-механические свойства почв (физико-механический состав, удельное сопротивление, влажность, твёрдость и др.), соответствующие черты полей (длина гона, угол склона, гранулометрический состав и каменистость посевных участков, заболоченность и др.), отличительные черты агротехники, региональный уровень развития сельскохозяйственной и технической науки, принятые агротехнологии возделывания культур [1-4].

По данным Министерства сельского хозяйства Амурской области на весенних полевых работах 2021 года было задействовано 3600 тракторов разных марок, включая К-701 и К-744 - 800 тракторов, Buhler - 34 трактора, гусеничных ДТ-75, Т-4 и ДТ-175 - 12 тракторов, Т-150 - более 300, а так - же 1300 МТЗ разных марок [5]. В процессе сельскохозяйственного производства региона в 2021 году использовались одна тысяча шестьсот сеялок, две тысячи культиваторов, сцепки, бороны, дискаторы, катки и другие сельскохозяйственные машины.

Благодаря поддержке регионального правительства в 2021 году сельскохозяйственными организациями области приобретено более 200 единиц сельскохозяйственной техники. На эти цели из областного бюджета было выделено более 760 миллионов рублей на условиях софинансирования с Правительством Российской Федерации, годом ранее- всего 180 миллионов рублей, тогда было закуплено более 50 единиц сельскохозяйственной техники.

По состоянию на декабрь 2021 года парк техники сельскохозяйственных организаций области составил более 60 тысяч различных видов сельскохозяйственных машин и специальных приспособлений (рисунок 1)

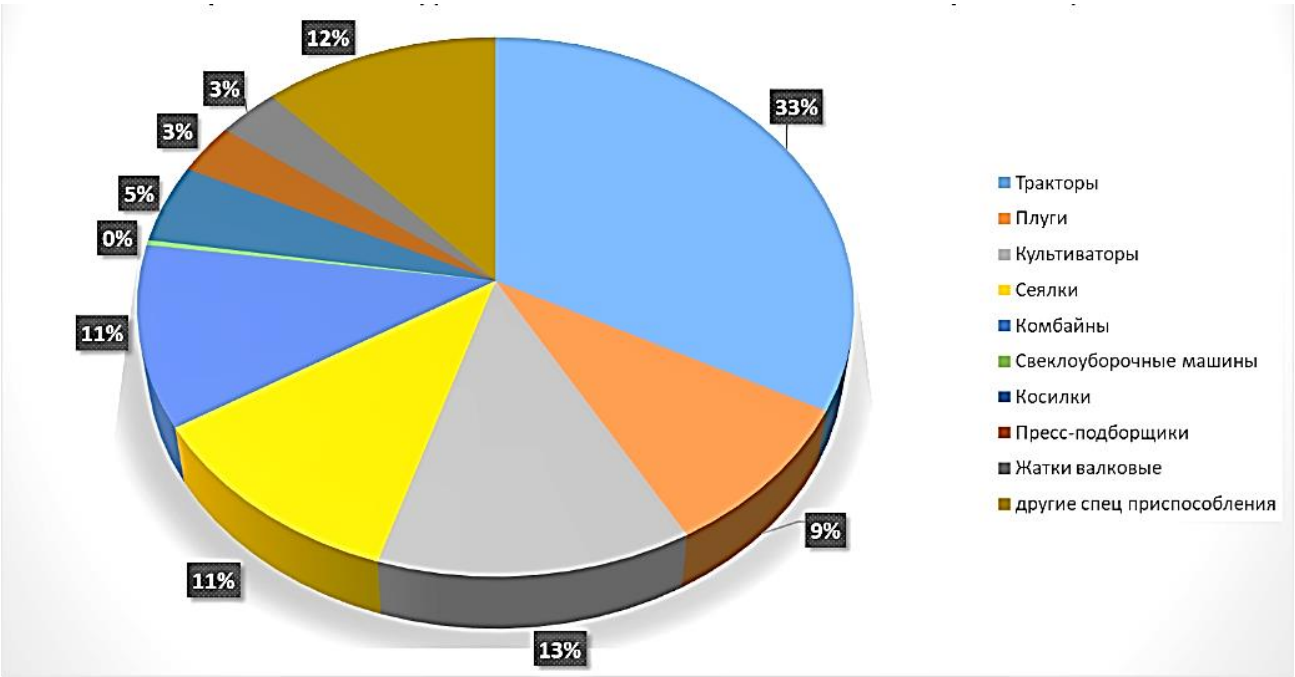



Рисунок 1 - Парк основных видов сельскохозяйственных машин и приспособлений сельскохозяйственных организаций Амурской области

В 2022 году амурские аграрии планируют приобрести более 500 единиц сельскохозяйственной техники и оборудования. В том числе ожидается закупка 140 мощных тракторов и более 160 зерноуборочных комбайнов. Обеспеченность тракторным парком (МТП) агропромышленного комплекса (АПК) Амурской области представлена в таблице 1 (рисунок 2) [5].

*Таблица 1*

Обеспеченность сельскохозяйственных организаций тракторами и комбайнами

| | 2010 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Приходится тракторов на 1000 га пашни, шт | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Нагрузка пашни на один трактор, га | 236 | 320 | 328 | 337 | 345 | 349 | 353 |
| Приходится комбаинов на 1000 га посевов (посадки) зерновых культур, шт | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Приходится на 100 тракторов, шт | | | | | | | |
| плугов | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 | 28 |
| культиваторов | 39 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| сеялок | 43 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 |
| грабель | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 |
| косилок | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |

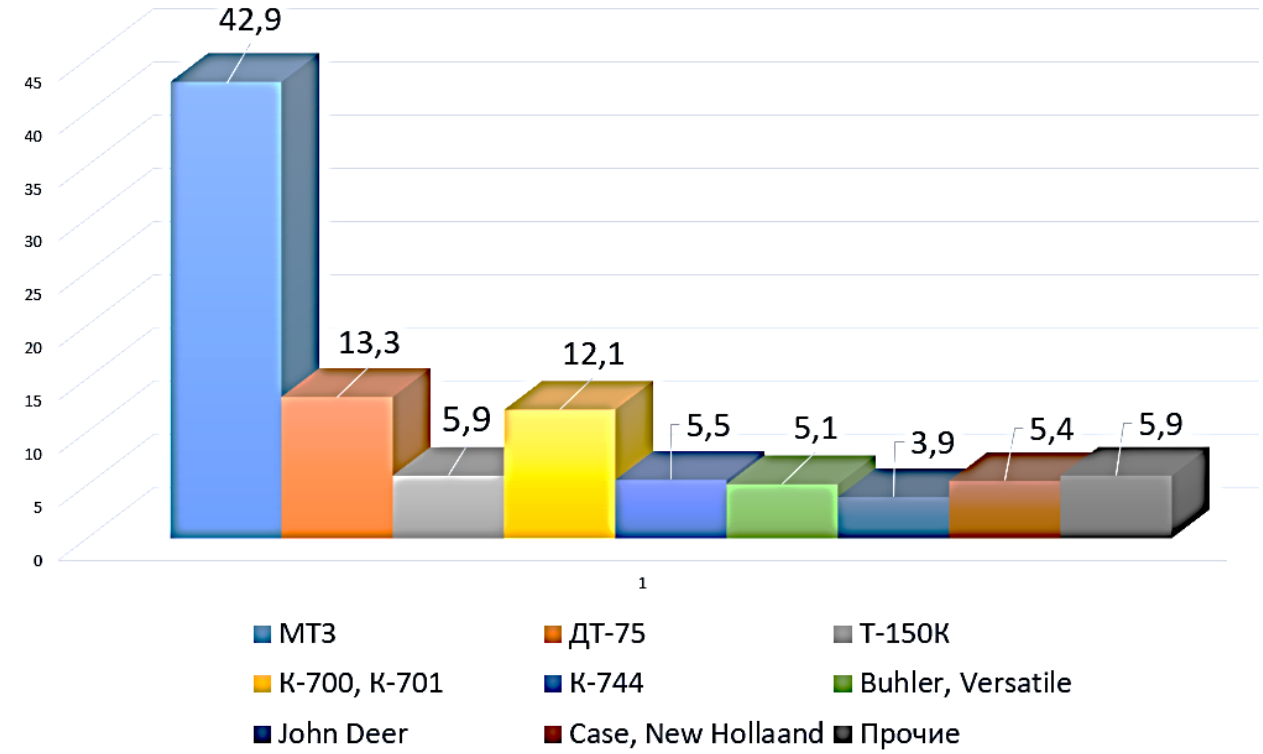



Рисунок 2 - Распределение тракторного парка Амурской области по марочному составу, %

Вместе с тем, обновление техники не дает хозяйствам хотя бы компенсировать выбытие устаревшей сельхозтехники (рисунок 3).

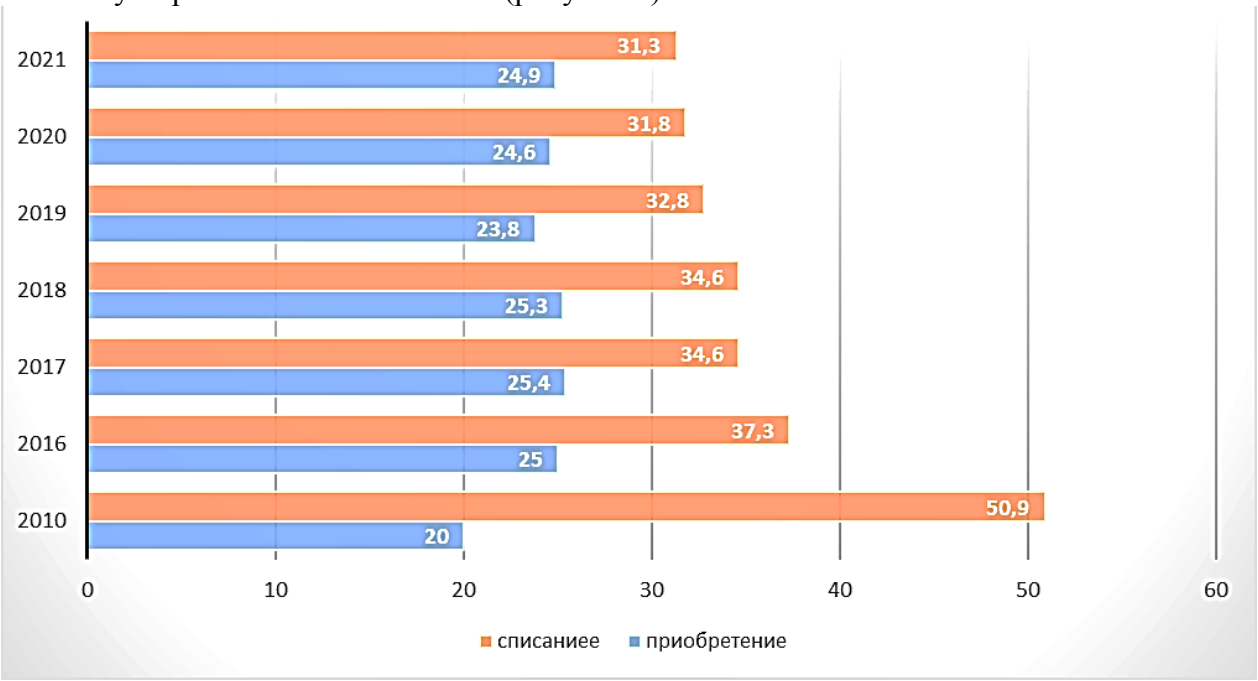



Рисунок 3 - Приобретение и списание сельскохозяйственной техники в Амурской области, %

Быстрое сокращение парка тракторов и комбайнов в сельских хозяйствах, их физическое и нравственное старение приводят к сбоям в научно-технических процессах. Особенно на пахотных и уборочных работах.

На долю колесных тракторов приходится 75% от всего тракторного парка области (рисунок 4). Из них 60% составляют колесные тракторы тягового класса 5 (рисунок 2), при

этом именно в крупных сельскохозяйственных организациях сконцентрировано 28% данных тракторов.

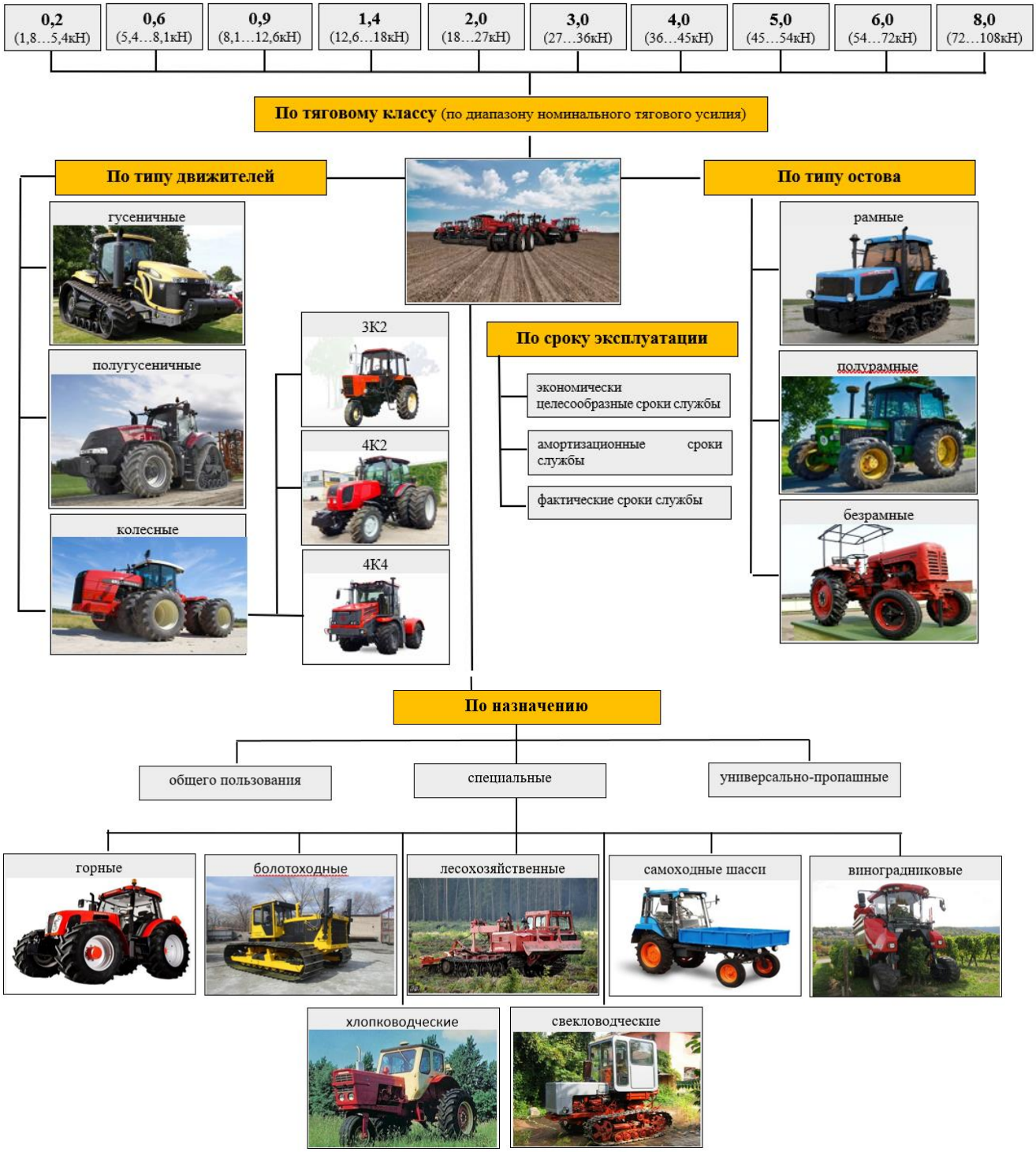



Рисунок 4 - Классификация сельскохозяйственных тракторов

Большинство хозяйств использует на тракторах спаренные колеса, что увеличивает их тягово-сцепные свойства и понижает негативное техногенное воздействие на почву. Используемые в области широкозахватные почвообрабатывающие агрегаты применяются в основном на обширных массивах с большой длиной гона.

Уровень развития материально-технической базы в фермерских хозяйствах очень низок, техника в основном количестве выработала свой моторесурс и нуждается в списании и замене на новые высокоэффективные модели.

Используемый тракторно-транспортный парк имеет уровень амортизации более 85 - 95%. Большинство имеющихся тракторов работает за пределами сроков амортизации, что понижает качество исполняемых работ по возделыванию сельскохозяйственных культур (рисунок 5).

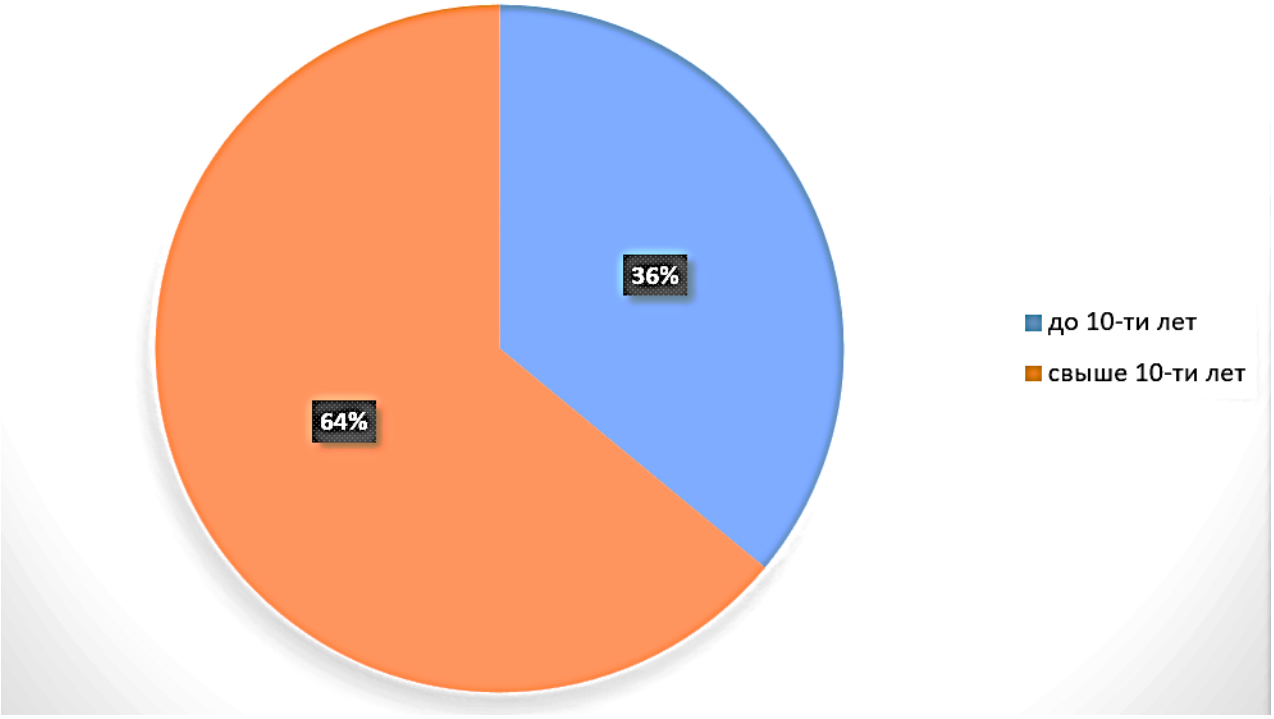



Рисунок 5 - Возрастной состав тракторного парка Амурской области, %

Таким образом, несмотря на все усилия регионального и федерального Правительства уровень механизации сельскохозяйственного производства региона достаточно низок и не удовлетворяет всех потребностей организаций-сельхозтоваропроизводителей. Целевые ориентиры и плановые показатели, рекомендуемые к выполнению, требуют новых подходов к достижению максимальной эффективности имеющихся средств производства. В связи с чем научным и производственным коллективам региона необходимо проведение более обширных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в обозначенном направлении с последующим внедрением получаемых результатов производством в сокращённые сроки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алдошин Н.В. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов / Н.В. Алдошин, Пехутов А.С.// Механизация и электрификация сельского хозяйства. –2012. - № 4. - С.26-27

2. Беляев В.И., Вольнов В.В. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае. Монография: Барнаул: Алт.ГАУ, 2010. - С 178.

3. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: Монография. ДальГАУ-Благовещенск, 2017. - С 272.

4. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., Поликутина Е.С. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колесных мобильных энергетических средств: монография; Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2020. – С.148

5. Министерство сельского хозяйства Амурской области, официальный сайт [Электронный ресурс] URL http://www.agroamur.ru

УДК 631.3.072

## РАЗРАБОТКА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО СТЕНДА ДЛЯ РАБОТЫ С СИСТЕМАМИ «НАСОС-ФОРСУНКА» И «НАСОС-ТРУБКА-ФОРСУНКА»

В.Е. Тарасенко, канд. техн. наук, доцент[1]
А.А. Жешко, канд. техн. наук, доцент[2]
О.О. Мухля, магистрант[1]
[1]*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»*
[2]*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

***Аннотация.*** Рассмотрены основные этапы разработки диагностического стенда и приведены расчеты на прочность, подтверждающие надежность предлагаемой конструкции стенда.

***Ключевые слова:*** диагностический стенд, система питания, насос-форсунка, давление, датчик.

Направления совершенствования топливной аппаратуры сегодня концентрируются на повышении давления впрыска и улучшении дисперсности впрыснутого топлива, что в сочетании с параллельно разрабатываемыми системами очистки и дожигания выхлопных газов, приведет к увеличению экономичности дизелей при обеспечении параметров токсичности выхлопных газов в пределах установленных норм [2-4]. Новые разработки все больше удовлетворяют форсированию дизелей по мощности, снижению веса, повышению надежности в эксплуатации [1]. Улучшение топливной экономичности и экологичности автотракторных ДВС решается высокотехнологичной модернизацией их топливных систем [5-6]. В настоящей работе рассматриваются основные результаты модернизации диагностического стенда и приведены расчеты на прочность, подтверждающие надежность предлагаемой конструкции.

В последние десятилетия ведущие производители автотракторных двигателей освоили новое поколение дизельных двигателей, которые оснащены топливными системами с давлениями впрыскивания до 300 МПа и выше и имеют электронное управление. При этом выполнение перспективных экологических нормативов (Tier-3 и выше) возможно не только лишь с применением аккумуляторной топливной системы Common Rail, как наиболее подходящей для дизелей всех экологических классов и наиболее серийно производимой, но и систем «насос-форсунка» (компонент UIS) и «насос-трубка форсунка (единичный ТНВД)» (компонент UPS) [7].

Система UIS конструктивно состоит из одного изделия, в котором конструктивно объединены и элемент создания давления, и исполнительный элемент впрыскивания топлива. Система UPS состоит из разнесённых в пространстве элементов создания давления (единичного насоса), впрыскивания (форсунки) и соединительного трубопровода.

Для обеспечения оптимальных показателей по расходу топлива, эффективной мощности дизеля и соответствия все более возрастающим требованиям к токсичности

отработавших газов, требуется своевременное выполнение работ по диагностированию, регулировке и ремонту дизельной топливной аппаратуры.

На кафедре «Технологии и организация технического сервиса» УО «БГАТУ» разработан диагностический стенд для проверки насос-форсунок, форсунок, работающих в паре с индивидуальными ТНВД и индивидуальных ТНВД [7]. Важным обстоятельством в принятии решения была возможность одновременного использования двух методик определения качественных показателей работы насос-форсунок и насосных секций:

- методика компании BOSCH, где осуществляется определение длительности посадки клапана-золотника с момента активации BIP (begin of injection period);

- методика компании DELPHI (оборудование HARTRIDGE), где осуществляется определение временных характеристик нарастания внутреннего давления топлива, определение периода создания максимального (пикового) внутреннего давления, с использованием датчика LOAD CELL.

Конструктивно насос-форсунки и насосные секции способны создавать высокое давление топлива посредством его сжатия. А к функциям блоков управления впрыском (ЭБУ) относят контроль длительности задержки впрыска от начала подъёма плунжера и сжатия топлива в над плунжерном пространстве, и контроль длительности впрыска, путём активации электромагнита. Электромагнит воздействует на золотниковый элемент (анкер), а тот в свою очередь перекрывает (запирает) дренажное отверстие слива. С этого момента начинается создание высокого давления топлива и соответственно впрыск топлива в цилиндр двигателя.

По методике компании BOSCH на мобильной машине и на диагностическом стенде контролируется момент запирания дренажного отверстия. При перемещении и посадке (запирании) анкера происходит электромагнитное токовое возмущение, момент которого, в соответствии с границами регулирования, ЭБУ определяет, как начало процесса создания давления топлива и далее уже ведёт расчёт длительности впрыска, опираясь на полученное значение.

По методике компании DELPHI (Hartridge) на стенде, благодаря наличию тензометрического датчика LOAD CELL, происходит измерение изменения внутреннего давления топлива в соответствии с моментами задержки и активации впрыска. Также по диаграммам внутреннего давления топлива и их положению относительно контрольных точек давления, происходит кодирование насос-форсунок и насосных секций, с последующим прописыванием, полученных на стенде, кодов в ЭБУ ДВС.

Также предложено инсталлировать в модернизированный стенд датчик давления топлива BOSCH на 270 МПа (для определения пикового давления при тестировании систем с насосными секциями).

В стенд дополнительно установили: тестовый CAMBOX с изменяемым ходом плунжера от 10 до 20 мм, блок управления «ПОТОК-UIS», блок измерения производительности «Поток FM2», радиатор охлаждения тестовой жидкости; дополнительные фильтры для защиты высокоточной системы измерения от воздействия грязи и металлических частиц, выходящих из испытуемого компонента; оптический инкрементальный энкодер на 2500 точек (для определения положения кулачка); топливопроводы.

Внешний вид и конструктив стенда после модернизации соответствует современным требованиям эстетики и безопасности промышленного оборудования (рис. 1).

К настоящему времени модернизированный диагностический стенд ДД 10-04 с безмензурочным блоком измерения «Поток FM-2» и блоком управления «Поток-UIS позволяет выполнять проверку и тестирование насос-форсунок, форсунок (работающих в паре с индивидуальными ТНВД) и индивидуальных ТНВД.

Стенд после модернизации включает следующие основные элементы (рис. 1):

– асинхронный электродвигатель привода АИРМ132М2У3 (мощностью – 15 кВт, с частотой вращения 1430 мин$^{-1}$);

– бак (45 л) с установленным на его крышке асинхронным электродвигателем АИР80А4У3 с подкачивающим насосом БГ12-4УХЛ4 и фильтрами;

– нагреватель (1,5 кВт) калибровочного масла в баке (емкостью 45 л);

– систему термостабилизации калибровочного масла с 2-мя охладителями (радиатором) и датчиком для контроля температуры калибровочного масла ISO 4113, подаваемого к тестируемому компонентус заданным диапазоном настройки (40+-2ºС);

– CAMBOX с дополнительными адаптерами для установки тестируемых компонентов;

– приводную муфту;

– систему фильтрации калибровочного масла, состоящая из фильтров Bosch 1 457 434 437;

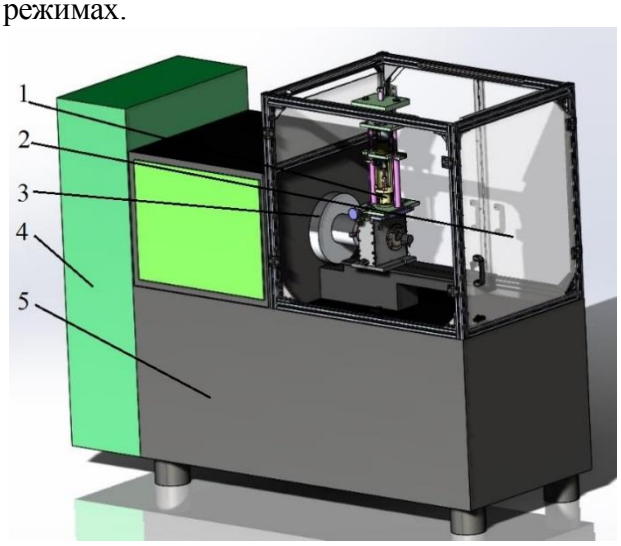
– масло-бензостойкие топливопроводы диаметром 10 мм и 8 мм;

– полугибкие топливопроводы высокого давления топлива «PARKER»;

– блок управления «Поток-UIS» для управления стендом, совместно с измерительным блоком «Поток FM-2»;

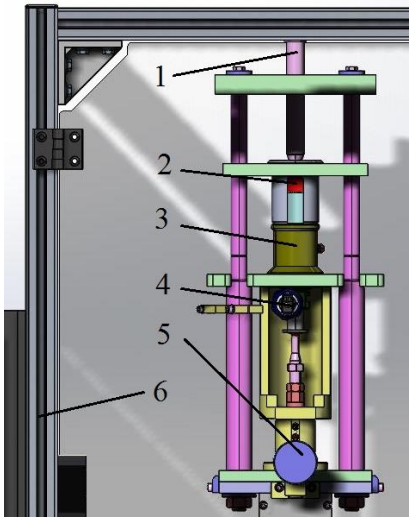
– защитный экран с блокировкой его открытого состояния.

Определение параметров работы компонентов производится по заданной программе, состоящей из тест-планов, с возможностью тестирования в ручном или автоматическом режимах.




1 – CAMBOX; 2 – защитный экран; 3 – маховик; 4 – электрощит; 5 – стенд

Рис. 1. Модернизированный стенд ДД 10-04




1 – прижимной винт; 2 – датчик нагрузки LOAD CELL; 3 – адаптер для установки компонента;
4 – тестируемый компонент; 5 – винт регулировки хода толкателя (10-20 мм); 6 – каркас защитного экрана

Рис. 2. Модернизированный стенд ДД 10-04 (рабочая зона)

Модернизированный стенд позволяет [7]:

– проверять легковые и грузовые компоненты фирм BOSCH, DELPHI, SIEMENS (VDO), CATERPILLAR, L`ORANGE, CUMMINS, и многих других;

– автоматически переключать напряжение питания (12В/24В) в зависимости от типа проверяемого компонента;

– измерять частоту вращения электродвигателя стенда;

– управлять частотой вращения вала привода стенда;

– управлять направлением вращения электродвигателя стенда;

– управлять нагревателем и охладителем тестовой жидкости;

– управлять пускателем топливоподкачивающего насоса (ТПН);

– осуществлять автоматическое, ручное либо внешнее управление созданием высокого давления в топливной рампе;

– создавать пользовательские тест-планы для проверки компонентов с созданием профиля сигнала (напряжение открытия, ток открытия, напряжения удержания, ток удержания, напряжение закрытия и др.);

– отображать графики изменения давления, благодаря датчику LOAD CELL (рис. 2);

– формировать отчеты с результатами измерений в диагностической карте;

– подключиться к ПК.

Рассмотрим основные функции стенда. Автоматическое управление оборотами вала привода стенда построено на PID-регуляторе и позволяет стабилизировать обороты в диапазоне +-10 мин$^{-1}$. Автоматическая термостабилизация позволяет настроить температуру калибровочного масла, подаваемого к испытуемому компоненту с диапазоном гестерезиса 40 +-2°С. Для улучшения термостабализации в стенде имеется 2 активных радиатора охлаждения. Один термостабилизирует жидкость, выходящую из тестируемого компонента, а второй для общей термостабилизации системы охлаждения калибровочного масла. Для измерения производительности инжекторов мы выбрали «Поток FM-2». 2-х канальный измеритель весового типа, в нашем случае используется один канал измерения. Из недостатков следует отметить более долгое получение первых значений наливов инжекторов (около 10-15 с). Из достоинств простота конструкции, что позволят не беспокоиться о загрязнённом топливе, поступаемом к каналам измерителя; отсутствие математической зависимости от температуры поступаемого калибровочного масла; простота калибровки; простота постгарантийного обслуживания.

Наличие в системе оптического энкодера и возможности подключения дополнительного датчика давления топлива, позволит широко использовать данный стенд в научно-исследовательских целях и получить ответы на вопросы о формировании нестабильных наливов форсунок, о происхождении и причинах возникновения пульсаций давления в гидравлических системах низкого и высокого давления топлива, определении зависимости скорости создания внутреннего давления топлива в компоненте от скорости набегания втулки на кулачок и многих других.

На рис. 3 представлена расчетная схема нагружений и закреплений датчика с целью моделирования напряженно-деформированного состояния в системе Компас 3D с библиотекой АРМ FEM. Датчик установлен на опорной площадке и крепится к ней посредством болтового соединения, образуя тем самым закрепление F1. Температура датчика Т2 составляет 40°С, на опорную площадку отводится температура Т1, равная 30°С. На верхнюю площадку датчика действует распределенная нагрузка, которая составляет 250 Н/мм², на опорную площадку передается усилие 500 Н.

Для выполнения расчетов принимаем сетку, состоящую из 4-х узловых тетраэдров с максимальной длинной стороны элемента 3 мм. Коэффициент максимального сгущения поверхности Кс = 1, коэффициент разряжения в объеме Кр = 1,5. Количество узлов – 13191 (рис. 4).

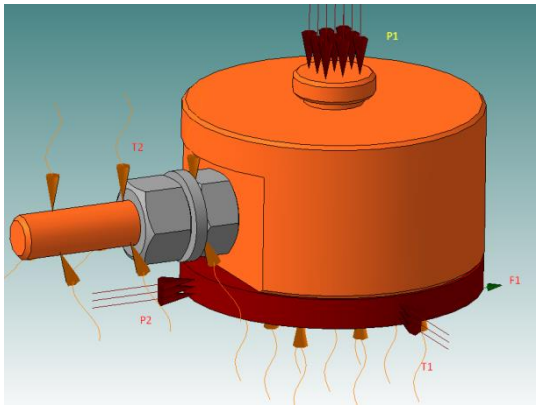



Рис. 3. Схема нагружений и закреплений датчика нагрузки

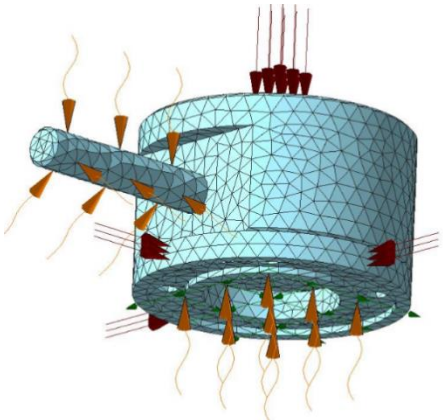


Рис. 4. Результат разбиения модели методом конечных элементов

В таблице 1 приведены характеристики материала, из которого изготовлена опорная площадка датчика нагружения.

Указываем на 3D модели соответствующие нагрузки и закрепления, для проведения дальнейших расчетов воспользуемся методом конечных элементов. Метод конечных элементов, как и многие другие численные методы, основан на представлении сплошного тела его дискретной моделью и замене дифференциальных уравнений, описывающих напряженно-деформированное состояние сплошных тел, системой алгебраических уравнений. Суть метода заключается в том, что область, занимаемая сплошным телом, разбивается на некоторое число малых, но конечных по размерам подобластей. Последние носят название конечных элементов, а сам процесс разбивки – дискретизацией.

*Таблица 1*

Характеристики материала, из которого изготовлена опорная площадка датчика нагружения

| | |
|---|---|
| Предел текучести [МПа] | 235 |
| Модуль упругости нормальный [МПа] | 200000 |
| Коэффициент Пуассона | 0,3 |
| Плотность [кг/м$^3$] | 7800 |
| Температурный коэффициент линейного расширения [1/С] | 0,000012 |
| Теплопроводность [Вт/(м*С)] | 55 |
| Предел прочности при сжатии [МПа] | 410 |
| Предел выносливости при растяжении [МПа] | 209 |
| Предел выносливости при кручении [МПа] | 139 |

Инерционные характеристики модели представлены в таблице 2.

*Таблица 2*

Инерционные характеристики модели

| Наименование | Значение |
|---|---|
| Масса модели [кг] | 0,225833 |
| Центр тяжести модели [м] | ( -0,000264 ; 0,000001 ; 0,013536 ) |
| Моменты инерции модели относительно центра масс [кг·м²] | (0,000027 ; 0,000023 ; 0,000052 ) |
| Реактивный момент относительно центра масс [Н·м] | (-2.22826 ; -58.913621 ; 0.26601 ) |
| Суммарная реакция опор [Н] | (-116.134127; 2.068466; 239893.3375) |
| Абсолютное значение реакции [Н] | 239893,365619 |
| Абсолютное значение момента [Н·м] | 58,956346 |

При расчете усталостной прочности датчика коэффициент чувствительности материала к местным напряжениям составил 0,5. Теоретический коэффициент концентрации напряжений равен 1. Коэффициент масштабного фактора 1. Эквивалентное напряжение по Мизесу находится в пределах 2698,5 МПа. Суммарное линейное перемещение составляет 0,17 мм. Коэффициент запаса по текучести 0,087…1000. Коэффициент запаса по прочности 0,15…1000.

Получены результаты расчета эквивалентного напряжения, суммарного линейного перемещения, карта результатов деформации и карта главных напряжений, а также результаты расчета собственных частот.

Результаты расчета показывают, что геометрические параметры и прочностные свойства датчика подобраны удовлетворительно. В перспективе, при использовании более высоких нагрузок необходимо уменьшить размер технологического отверстия в опорной площадке, поскольку при рассмотрении карты главных напряжений следует, что чрезмерные размеры отверстия являются причиной концентрации напряжений и могут привести к незначительным деформациям.

С целью прогнозирования вероятной деформации опорной площадки проведено моделирование поведения датчика нагрузки в среде ANSYS. Нагрузки приняты в 10 раз больше, чем фактические. При чрезмерных нагрузках результаты общей деформации опорной площадки представлены на рис. 5.

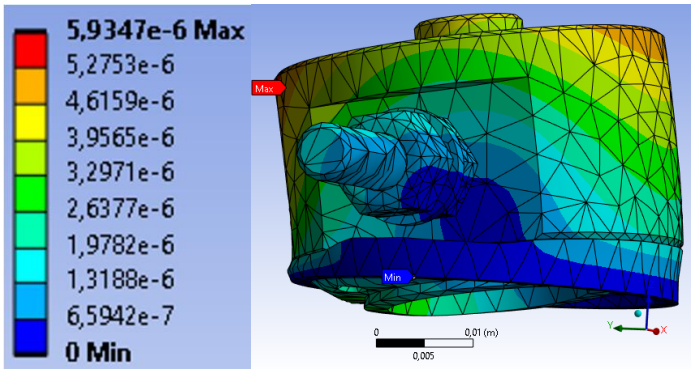



Рис. 5. Общая деформация опорной площадки датчика нагружения в случае увеличения фактических нагрузок в 10 раз

Как видно из рис. 5, при воздействии в течении 1 с чрезмерных нагрузок, превышающих фактические в 10 раз, опорная площадка подвергается деформациям от $6{,}5942 \cdot 10^{-7}$ м до $2{,}6377 \cdot 10^{-6}$ м. Наибольшим деформациям подвержен корпус датчика, при чем максимальное значение деформации в верхней части корпуса может достигать $4{,}6159 \cdot 10^{-6}$ м. Учитывая, что столь высокие нагрузки в процессе эксплуатации датчика маловероятны, можно утверждать, что прочность опорной площадки обеспечивает высокую надежность конструкции.

Разработанный диагностический стенд позволяет проверять компоненты фирм BOSCH, DELPHI, SIEMENS (VDO), CATERPILLAR, L`ORANGE, CUMMINS и многих других. Функциональные возможности стенда позволяют автоматически переключать напряжение питания в зависимости от типа проверяемого компонента; управлять нагревателем и охладителем тестовой жидкости, а также пускателем топливоподкачивающего насоса (ТПН); осуществлять автоматическое, ручное либо внешнее управление созданием высокого давления в топливной рампе; создавать пользовательские тест-планы для проверки компонентов и др.

Выполнен расчет напряженно-деформированного состояния и статической прочности датчика нагрузки в системе прочностного анализа APM FEM, которая является дополнением к пробной версии КОМПАС-3D v18.1. Результаты расчета показывают, что геометрические параметры и прочностные свойства датчика и опорной площадки подобраны удовлетворительно.

Выполнены дополнительные расчеты датчика и опорной площадки в программе ANSYS 2021 R1. Расчет показал, что датчик и опорная площадка не испытывают чрезмерных нагрузок, поэтому дополнительное упрочнение конструкции не требуется.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.

2. Тарасенко, В.Е. Анализ топливных систем дизелей с электронным управлением топливоподачей / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 52–57.

3. Тарасенко, В.Е. Анализ топливных систем дизелей с механическим и электронно-актуаторным управлением топливоподачей / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 58–64.

4. Тарасенко В.Е., Мухля О.О., Жешко А.А., Сырбаков А.П. Расширение функциональных возможностей диагностического стенда ДД 10-01 [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2022. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2022/2/st_215.pdf. DOI: https://doi.org/10.51419/202122215.

5. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: учебник для вузов / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: Легион-Автодата, 2004.

6. Шумовский, В.А. Улучшение показателей транспортного дизеля путем совершенствования процессов распыливания топлива и смесеобразования: дис. кан. техн. наук. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 165 с.

7. Мухля, О.О. Расширение функциональных возможностей стенда ДД-10-04 / О.О. Мухля, С.В. Горностай; науч. рук. В.Е. Тарасенко // Техсервис-2022 : материалы научно-практической конференции студентов и магистрантов, Минск, 12-13 мая 2022 г. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 19-24.

УДК 621.43

# УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЕЛЬНЫХ ДВС ПУТЕМ СНИЖЕНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ В ЛИНИИ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЕ COMMON RAIL

С.А. Тютиков, аспирант
С.П. Кулманаков, канд. техн. наук, доцент
*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова*

***Аннотация.*** Производители двигателей главной задачей считают необходимость повышения топливной экономичности и снижение вредных выбросов ДВС. Для этого применяются аккумуляторные топливные системы типа Common Rail. Повышение эффективности применения данной системы возможно снизить пульсации давления в топливной системе для организации наилучших условий работы электрогидравлической форсунки системы Common Rail, которая формирует и подает в камеру сгорания дизеля необходимую цикловую порцию топлива. Вследствие чего возможно произвести более точную оптимизацию горения топлива в дизеле на различных его режимах работы, что позволит улучшить экологические и экономические показатели.

Пульсации в контуре низкого давления дизельной топливной системы могут вызывать нестабильное наполнение насосных секций ТНВД, шум и повреждения деталей. Они влияют на функциональные характеристики и надежность. Анализ колебаний можно проводить не только по раздельности, но и в полнокомплектной топливной системе, так как необходимо учитывать влияние на параметры колебаний отдельных компонентов системы. Для рассмотрения отдельных компонентов и взаимовлияния компонентов топливной системы между собой помогут специализированные программные обеспечения или стендовые практические испытания.

***Ключевые слова:*** дизель, топливная система, Common Rail, вредные выбросы, пульсация давления.

Характеристика впрыскивания топлива электрогидравлической форсункой непосредственно влияет на процесс горения в дизеле. Для поддержания точной характеристики впрыска топлива форсункой на всех режимах работы дизеля необходимо обеспечить бесперебойную подачу топлива в топливный аккумулятор в необходимом объеме. При этом крайне важно поддерживать необходимое давления в аккумуляторе, которое определяет давление впрыскивания топлива форсункой в цилиндр. Большие колебания давления в аккумуляторе будут вызывать разную цикловую подачу форсунки, что негативно скажется как на экологических, так и на экономических параметрах дизеля [1].

Одним из возможных мероприятий по снижению пульсации давления в топливном аккумуляторе является снижение колебания давления в контуре низкого давления.

Топливоподкачивающие насосы низкого давления служат для преодоления сопротивления фильтров тонкой и грубой очистки, обеспечения гидростатического напора и обеспечения снабжения топливом ТНВД. Производительность ТПН закладывается с запасом в 1,5-2,5 раза для подавления газовой фазы и вымывания ее из впускной полости ТНВД, а также для охлаждения всего насоса. Это стабилизирует наполнение и цикловую подачу секций насосных, что напрямую влияет на колебания давления в топливном аккумуляторе. т.к. различая цикловая подача секций из-за попадания газовой фазы топлива значительно ухудшает управление производительности ТНВД с помощью регулятора давления [2].

Помимо выше сказанного, каждая гидравлическая система, в том числе, и система низкого давления топлива, имеет много собственных частот. Это еще не означает, что в системе имеются резонансные явления. К тому же, собственные частоты еще надо возбудить. В системе низкого давления топлива возбуждение осуществляется пульсациями потока на стороне всасывания ТНВД за счет результирующей волны давления. По причине изменения частоты вращения двигателя, к которому прифланцован ТНВД, гидравлическая система возбуждается в широком спектре частот волнами давления, повышается вероятность неблагоприятного стечения обстоятельств, когда появляется резонанс системы.

Приведет ли возникший резонанс к проблеме пульсаций давления, зависит от степени демпфирования в системе и амплитуды инициированных пульсаций давления, от характерных пульсаций ТНВД. На рисунке 1 это идеализированно изображено для характерных пульсаций ТНВД.




Рисунок 1 - Система низкого давления топлива с достаточным демпфированием: (слева - топливный бак с подкачивающим насосом, справа – топливный насос высокого давления, бак и ТНВД соединены топливопроводом). Обратная (отраженная) волна давления полностью гасится на подходе к ТНВД.

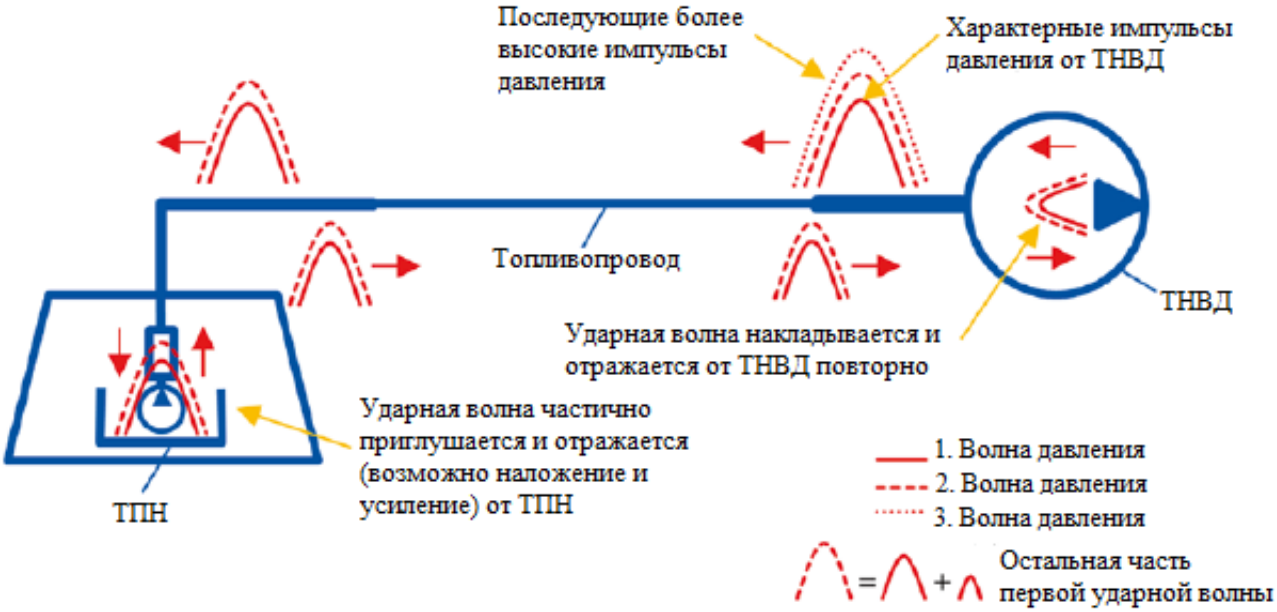



Рисунок 2 - Система низкого давления топлива с начинающейся проблемой пульсации давления. Пульсация, создаваемая ТНВД и отраженная волна накладываются друг на друга. При этом создается волна давления с увеличенной амплитудой, процесс увеличения амплитуды пульсаций будет продолжаться.

Пульсация давления идет в виде волны давления по топливопроводу в направлении топливного бака и подкачивающего насоса. При этом волна давления демпфируется из-за внутреннего трения в топливе, частично демпфируется в местах быстросъемных соединений или в других перепадах сечения, и, прежде всего, за счет применения искусственных материалов с высокой степенью эластичности, вступающих во взаимодействие с волной давления. Энергия волны давления при демпфировании превращается в теплоту. Подойдя к фланцу бака, волна давления проходит к подкачивающему насосу и дополнительно демпфируется там. Что является обычным для волны давления, так это то, что она отражается от подкачивающего насоса и идет назад по топливопроводу в направлении ТНВД, причем, снова теряя энергию.

В идеальном случае волна давления по пути от ТНВД и обратном движении к ТНВД полностью демпфируется. Даже, если произошел резонанс, то это еще не значит, что он приведет к проблеме пульсаций давления. Это означает, что всегда следует стремиться к максимальному уменьшению амплитуды пульсаций, исходящих от ТНВД.

Как правило, характерные пульсации давления ТНВД так велики, что волна давления полностью не гасится. К тому же демпфирующее действие искусственных материалов снижается со снижением их температуры. Таким образом, волна давления достигает ТНВД. В случае резонанса обратная волна давления подходит к ТНВД в тот момент, когда создается новая волна давления. При этом обе волны накладываются друг на друга. Возникает новая волна давления с большей амплитудой. Обратная (отраженная) волна давления подходит к ТНВД также с большей амплитудой. Третья отраженная волна будет иметь еще большую амплитуду, и этот процесс будет продолжаться. Возникла проблема пульсации давления. Для устранения проблемы недостаточно идентифицировать с помощью измерений собственную частоту колебаний и амплитуду пульсаций давления. Для этого необходимо более глубокое понимание взаимодействия отдельных частей гидравлической системы.

Для оценки волновых явлений в топливной аппаратуре в контуре низкого давления в качестве базовой топливной системы аккумуляторного типа была спроектирована в специализированном программном обеспечении топливная система Common Rail. Топливный насос плунжерный трехсекционный со встроенным топливоподкачивающим

насосом лопастного типа. Смоделированный ТПН имеет 4 лопасти. Расчет в программном комплексе был выполнен на номинальном режиме работы двигателя.

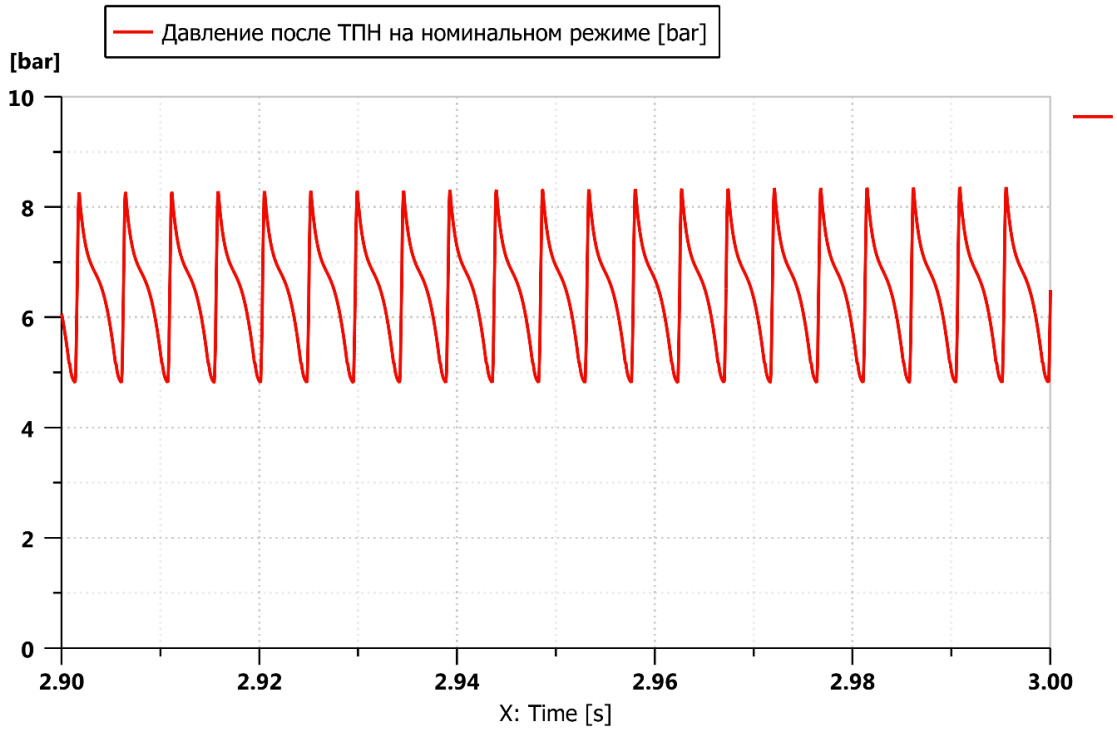



Рисунок 3 – Давление, создаваемое ТПН на номинальном режиме.

На рисунке 3 представлен график изменения давления, создаваемого ТПН на номинальном режиме. Среднее давление топлива после ТПН составляет примерно 6,5 бар, размах колебания давления около 3,2 бар. Давление топлива после ТПН корректируется и поддерживается перепускным клапаном в ТНВД. Минимальное давление ниже 5 бар не снижается. Для топливоподкачивающих насосов лопастного типа с небольшим количеством лопастей характерен большой размах колебания относительно шестеренчатых ТПН с числом зубьев больше 8.

На основании рисунка 3 можно сделать выводы об отсутствии резонансных явлений в разработанной гидравлической схеме топливной аппаратуры дизельного двигателя. Дополнительно исследования проводились на всех режимах работы дизеля, негативного влияния волновых явлений не обнаружено (рис. 4).

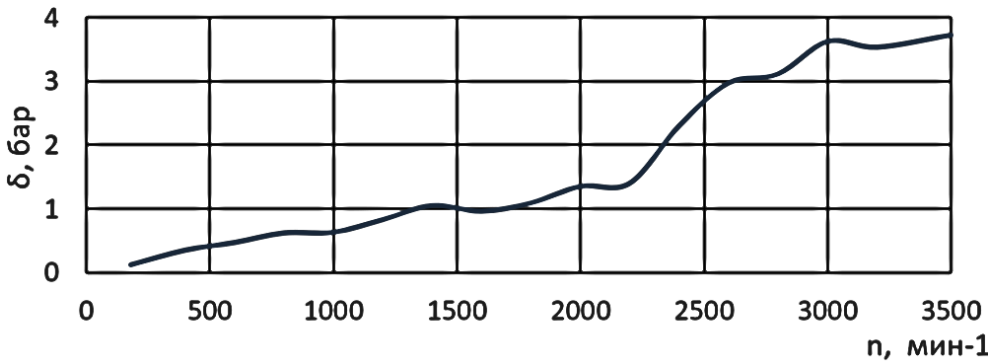



Рисунок 3 – Размах колебания давления после ТПН в зависимости от частоты вращения вала топливоподкачивающего насоса.

Важно понимать, что для исследования резонансных явлений необходимо испытывать на безмоторных стендах полнокомплектную топливную систему, или проектировать в

программном обеспечении полную гидравлическую систему, что позволяет сократить сроки проектирования компонентов топливной системы.

При адаптации или проектировании новой топливной аппаратуры необходимо уделять должное внимание волновым явлениям. Любые волновые явления приводят не только к разрушению топливопроводов низкого и высокого давления, но и к нестабильной цикловой подаче топливной форсунки, что в свою очередь не позволяет точно настроить топливоподачу и достичь наилучших экологических и экономических показателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тютиков, С.А. Анализ влияния конструкций топливоподкачивающих насосов на пульсации давления в топливной системе аккумуляторного типа / С.А. Тютиков, С.П. Кулманаков // Совершенствование быстроходных двигателей. Сборник материалов научно-технической конференции студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», посвященная 255-летию запуска первой паровой машины И.И. Ползунова. (04 июня 2021 г.). - 2021. - С. 141-145.

2. Грехов, Л. В. Конструкция, расчет и технический сервис топливоподающих систем дизелей [Текст] : учебное пособие / Л. В. Грехов, И. И. Габитов, А. В. Неговора. – Москва : Легион-Автодата, 2013. – С. 13-22.

УДК 621.43

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОТКАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ЯВЛЕНИЯ ДЕТОНАЦИИ

А. В. Фирстов, студент
Е.В. Агафонова, старший преподаватель
Т.В. Возженникова, старший преподаватель
Р.В. Конореев, канд. техн. наук
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Возникновение детонации вследствие использования некачественного топлива приводит к разрушению деталей двигателя внутреннего сгорания. Характерным признаком такого разрушения является усталостные изломы перемычек поршней.

***Ключевые слова:*** детонация, разрушения, двигатель внутреннего сгорания, поршень, усталостный излом.

Детонацию двигателей внутреннего сгорания (ДВС) принято считать негативным явлением, поэтому проблема детонационной работы двигателя остается актуальной в настоящее время. Нарушение рабочих процессов вследствие детонации в ДВС влечёт за собой появление таких негативных последствий, как сокращение ресурса работы двигателей, увеличение расхода топлива и смазочных материалов, загрязнение окружающей среды, снижение динамических показателей [1].

Детонация – это режим горения топливовоздушной смеси, при котором распространяется ударная волна, инициирующая химические реакции горения, в свою очередь, поддерживающие движение ударной волны за счёт выделяющегося в экзотермических реакциях тепла. Детонация сопровождается проявлением металлического стука в двигателе, однако природа данного звука зачастую не механическая, источником являются непосредственно сами ударные волны.

Рассмотрим детонационное горение смеси – это быстрое воспламенение всего объема топлива одновременно, а не последовательно от искры. Кроме того, воспламенение начинается раньше расчетного угла поворота коленчатого вала, когда поршень еще двигается

к верхней мертвой точке. Воспламенившиеся газы стремительно расширяются, но поднимающийся поршень стремится их сжать. В результате давление в камере сгорания многократно превышает расчетную величину. Нормальная скорость распространения фронта пламени составляет около 30 м/с, при детонации огонь распространяется в десятки раз быстрее – до 2000 м/с. Причинами детонационного горения смеси являются: топливо низкого качества или с неподходящим октановым числом; позднее зажигание; нагар на стенках цилиндров; низкокачественные свечи зажигания; перегрев двигателя [2].

Когда двигатель детонирует, в нем происходят самые настоящие микровзрывы. Любые взрывы не несут в себе ничего хорошего. В момент детонации двигателя на оборотах температура в некоторых точках камеры сгорания достигает 3500°С, а скорость нарастания давление превышает расчетное в несколько раз. Если при штатном сгорании топлива создается давление от 80 до 100 атмосфер, то при детонации давление может подняться выше 150 атмосфер, а это примерно 30 % [3].

Отрицательное воздействие детонации следует рассматривать в двух направлениях: температурном и механическом. При детонации и то и другое могут значительно превышать расчетные значения. Тяжелее всего приходится наиболее приближенным к очагам возникновения детонации деталям: поршню, кольцам и т.д. На них воздействуют и высокая температура, и ударная волна. При этом первая вызывает серьезный их перегрев, поскольку рассчитанные для нормальной работы способы теплоотвода не справляются со своей задачей. Увеличенная теплоотдача приводит к перегреву двигателя и разрушению прокладок, поршней, головок, клапанов, компрессионных колец [1]. Например, классическим признаком теплового разрушения является прогорание поршня и оплавление его кромок. Также способствуют разрушению ударные нагрузки, они вызывают механические повреждения и приводят к повышенному износу деталей, задирам, вырыванию материала. Высокие нагрузки вызывают разрыв масляной пленки между трущимися поверхностями, ударные нагрузки увеличивают вероятность обрыва шатунов, гильз и поршней. В особо тяжелых случаях происходит проворачивание кривошипно-шатунного механизма, и коленчатый вал начинает вращаться в обратном направлении, все это приводит к разрушению узлов двигателя.

На рисунке 1 представлен поршень, поврежденный от воздействия детонации. Проведенными исследованиями установлено что, поршень имеет изломы 2-ух перемычек: перемычки между канавками для верхнего и нижнего компрессионных колец (условно обозначен как «I»), и перемычки между канавками для нижнего компрессионного и маслосъемного колец, с отделением двух фрагментов (условно обозначен как «II»).

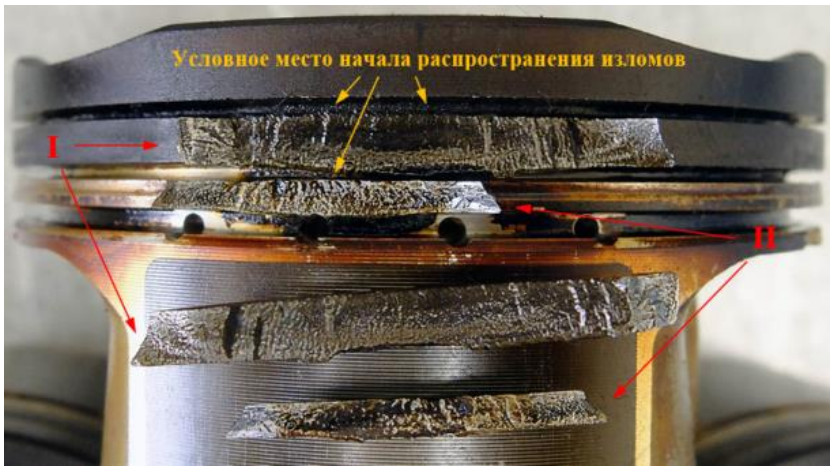



Рисунок 1. Изломы поршня при детонации ДВС

Изломы локализованы на нагруженной стороне поршня (сторона поршня, на которую поршень опирается во время сгорания), что является характерным признаком излома вследствие детонационного сгорания топливовоздушной смеси. Поверхность изломов I и II

проходит по дуге, в центре излома достигая дна канавок. При этом поверхность излома I и, в особенности поверхность излома II имеет выраженную трапециевидную форму с меньшим основанием трапеции со стороны верхней части поршня, что указывает на то, что приложение силы, вызвавшей излом было направлено от головки к юбке поршня. Это позволяет в спорных случаях о причинах повреждения поршней надежно дифференцировать причину возникновения такого рода изломов с повреждениями, возникающими при ненадлежащем монтаже поршня (рис. 2).

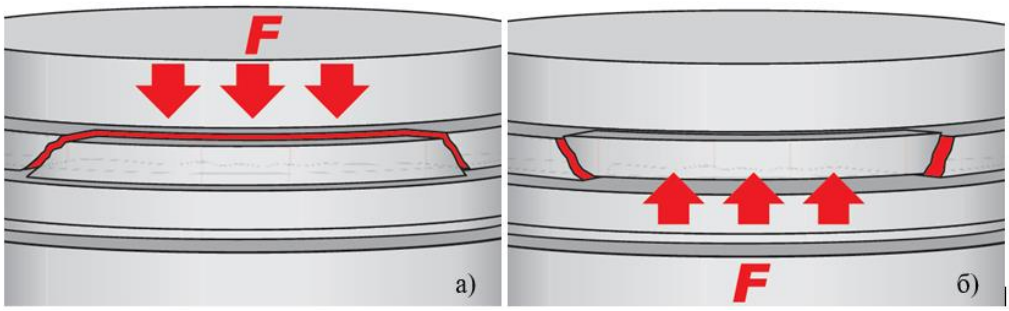



Рисунок 2. Виды изломов перемычек поршня при воздействии перегрузок от детонационного сгорания и гидроудара (а) и ошибок при монтаже поршня (б).

В данном случае, поверхности изломов покрыты смолисто-лаковыми отложениями продуктов термической деструкции моторного масла, что указывает на относительную давность образования изломов, т.е. после образования изломов осуществлялась эксплуатация ДВС. На это указывает также наличие мест взаимного истирания фрагментов поршня в местах излома и очистка внешних поверхностей фрагментов от эксплуатационных отложений в месте сопряжения с цилиндрами.

Каждая из поверхностей изломов, имеет явные макропризнаки усталостного разрушения, с наличием характерных концентрических дислокационных площадок отдыха и развития излома (усталостных бороздок), которые представляют собой систему повторяющихся углублений и выступов, ориентированных перпендикулярно к направлению развития трещины, и являются следом перемещения границы трещины за каждый цикл нагружения детали. Веерообразно расположенные ступеньки сброса (террасы) являются признаком хрупкого усталостного разрушения. Общий центр концентрических дислокационных площадок всегда указывает на очаг зарождения усталостной трещины. В исследуемом случае очаги поверхностей изломов располагаются на поверхности деталей, в месте перехода верхних (по отношению к излому) канавок в стенки перемычек. Наличие усталостных бороздок в исследуемом случае является прямым свидетельством цикличности нагружения при развитии изломов.

При исследовании данного поршня установлено, что выявленные повреждения не являются следствием дефекта материала поршней, а появились из-за перегрузки материала поршня в области перемычек. Такие повреждения поршней являются следствием одной из причин: нарушение нормального режима сгорания (детонационное сгорание); «гидроудар» (рис. 2, а); ошибки при монтаже поршней (рис. 2, б).

Исследованиями было установлено отсутствие признаков попадания посторонних жидкостей в цилиндры, а значит возникновение излома вследствие действия сил при «гидроударе» [4] исключается. Версия возникновения излома из-за ошибки при монтаже поршней, также исключилась, при таком повреждении излом перемычек должен иметь трапециевидную форму с меньшим основанием трапеции обязательно со стороны нижней части поршня, а исследуемый излом не имеет такую форму.

Исследования изломов перемычек поршней указывают на усталостный характер разрушения, что соответствует действию детонационного сгорания в цилиндре. Усталостные явления в металлах, вызывающие образование усталостных трещин с последующим разрушением детали обычно возникают начиная с 104…106 циклов нагружения детали

переменной по величине нагрузкой, превышающей предел выносливости детали, но не превышающей предел статической прочности, т.е. при типовом режиме эксплуатации это составляет от нескольких минут до нескольких десятков часов работы ДВС в режиме детонационного сгорания топлива. Расчёты, которые также подтверждаются и практикой эксплуатации ТС [5] показывают, что для усталостного разрушения от детонационного сгорания некачественного топлива более чем достаточно лишь одной заправки таким топливом. Следовательно, применения топлива с недопустимо-низким октановым числом и эксплуатация ДВС в условиях слишком высокой температуры окружающей среды приведет к усталостному разрушению перегородок поршней.

Кроме разрушения перегородок поршневых колец детонация приводит не только к разрушениям деталей ДВС, но и прогоранию прокладки головки блока цилиндров и падение мощности ДВС.

Таким образом, для предотвращения детонационного сгорания топлива необходимо использование топлива, октановое число которого соответствует рекомендованному заводом изготовителем двигателя. Качество топлива должно соответствовать степени сжатия двигателя, т.е. октановое число топлива должно обеспечивать требуемую детонационную стойкость для двигателя во всех его рабочих состояниях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Детонация в двигателях: сущность, причины, последствия / А. В. Колунин, А. В. Белокопытов, А. Б. Марков, И. С. Гельвер // Наука и военная безопасность. – 2016. – № 3(6). – С. 82-86. – EDN XHYSAH.

2. Детонация двигателя: причины, способы устранения [Электронный ресурс]. URL: https://suprotec.ru/suprotek-stati/detonatsiya-dvigatelya/ (дата обращения: 23.10.2022)

3. Бунеев, О. А. Причины, последствия и актуальные способы борьбы и профилактики явления детонации в современных ДВС / О. А. Бунеев // Исследование и проектирование интеллектуальных систем в автомобилестроении, авиастроении и машиностроении («ismca' 2022»): Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Таганрог, 15 апреля 2022 года. – Таганрог: ДиректСайнс (ИП Шкуркин Д.В.) – ЭльДирект, 2022. – С. 122-125. – EDN RLANNV.

4. Исследование отказов двигателей внутреннего сгорания вызванные «гидроударом» / А. А. Малышко, Р. В. Конореев, Т. В. Возженникова [и др.] // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 175-177. – EDN YPKEWL.

5. Дроздовский, В.Б. Экспертиза технического состояния и причины неисправностей автомобильной техники / В.Б. Дроздовский, С.К. Лосавио, А.Э. Хрулев – Москва: Издательство АБС, 2019. – 966 с.

УДК 621.436.12

# РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ В-92С2

С.Ю. Шелпаков, К.А. Чутков, Н.С. Сухоруков
*Новосибирское высшее военное командное училище*

***Аннотация.*** В статье произведен расчет статических характеристик дизельного двигателя В-92С2. Расчет производился в целях оценки адекватности математической модели дизельного двигателя с газотурбинным наддувом. Для проведения расчета разработаны компьютерные программы в среде LabVIEW 2018 с IMAQ Vision. Результаты моделирования согласуются с экспериментальными данными с достаточной для инженерных расчетов точностью.

***Ключевые слова:*** дизельный двигатель, газотурбинный наддув, моделирование, оценка адекватности.

В современных условиях компьютерное моделирование играет важную роль в прогнозировании производительности дизельных двигателей и их систем, является эффективным инструментом для изучения характеристик двигателя, способствует внедрению новых разработок в этой области [1]. Несмотря на наличие коммерческих пакетов моделирования двигателей их применение связано с целым рядом трудностей финансового, вычислительного и эксплуатационного характера [2]. Поэтому совершенствование математического описания дизельного двигателя с газотурбинным наддувом (ГТН) является актуальной проблемой.

В связи с этим, для проведения расчетных исследований по оценке эффективности различных способов улучшения динамических характеристик дизельных двигателей с ГТН разработана математическая модель [3].

Модель основана на базе известных термодинамических, газодинамических и кинематических зависимостей параметров поршневой части дизельного двигателя, его впускных и выпускных устройств, турбокомпрессора (ТКР), объединенных в систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{d\omega_{\text{д}}}{dt} = \dfrac{M_i - M_{\text{п}} - M_{\text{с}}}{J_{\text{д}}}; \\ \dfrac{d\omega_{\text{т}}}{dt} = \dfrac{M_{\text{т}} - M_{\text{к}}}{J_{\text{т}}}; \\ \dfrac{dp_{\text{к}}}{dt} = \dfrac{R_{\text{в}} \cdot T_{\text{к}} \cdot \left(G_{\text{к}} - G_{\text{д}}\right)}{V_{\text{вп}}}; \\ \dfrac{dp_{\text{г}}}{dt} = \dfrac{R_{\text{г}} \cdot T_{\text{г}} \cdot \left(G_{\text{д}} + G_{\text{топл}} - G_{\text{т}}\right)}{V_{\text{вып}}}. \end{cases} \quad (1)$$

где: $\omega_{\text{д}}$, $\omega_{\text{т}}$ – угловая скорость коленчатого вала двигателя и ротора ТКР;

$t$ – время;

$M_i$, $M_{\text{п}}$, $M_{\text{с}}$, $M_{\text{т}}$, $M_{\text{к}}$ – крутящие моменты (индикаторный, внутренних потерь в двигателе, нагрузки на коленчатом вале двигателя, развиваемый турбиной, необходимый для привода компрессора);

$J_{\text{д}}$, $J_{\text{т}}$ – приведенные моменты инерции двигателя и ротора ТКР;

$p_{\text{к}}$, $p_{\text{г}}$ – давление воздуха создаваемое компрессором и отработавших газов в выпускном трубопроводе двигателя; $R_{\text{в}}$, $R_{\text{г}}$ – газовые постоянные воздуха и отработавших газов;

$T_{\text{к}}$, $T_{\text{г}}$, – температура (воздуха на выходе из компрессора, отработавших газов перед турбиной ТКР);

$G_{\text{к}}$, $G_{\text{д}}$, $G_{\text{топл}}$, $G_{\text{т}}$ – массовые расходы (воздуха через компрессор, воздуха через

поршневую часть дизельного двигателя, топлива дизельным двигателем, газа через турбину);

$V_{\text{вп}}$, $V_{\text{вып}}$, – объемы (впускного трубопровода, выпускного трубопровода).

Для проведения расчета необходимо задать начальные приближения переменных, определяемых в дифференциальных уравнениях, параметры окружающей среды и начальное значение регулирующего воздействия. Правые части уравнений содержат параметры, значения которых определяются по формулам рабочего процесса, а также параметры, заданные в виде полиномов и других функциональных зависимостей. В качестве исходной информации для формирования функциональных зависимостей использованы экспериментальные данные работы дизельного двигателя В-92С2 по скоростной и нагрузочным характеристикам. Формирование функциональных зависимостей производилось в программном комплексе STATISTICA с использованием встроенной функции Fixed Nonlinear Regression [4]. Примеры используемых зависимостей представлены в виде поверхностей на рисунке 1.

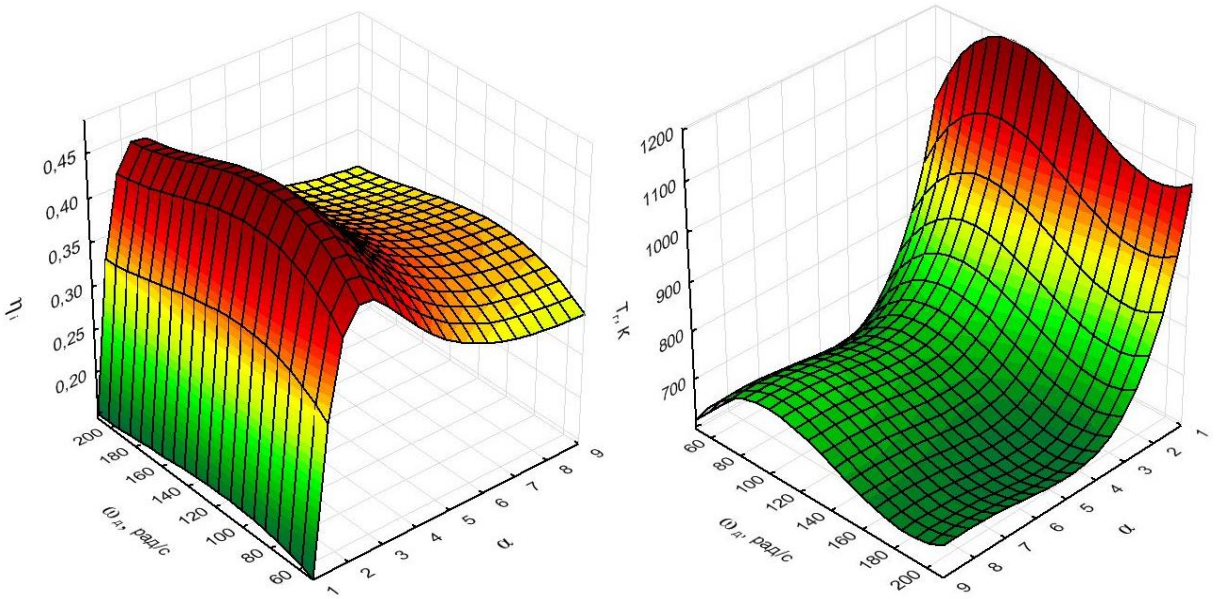



Рисунок 1 – Примеры поверхностей, используемых в модели

Для проведения расчетов статических характеристик двигателя были разработаны компьютерные программы в среде LabVIEW 2018 с IMAQ Vision [5, 6]. Алгоритм расчета внешней скоростной (рисунок 2) и нагрузочных (рисунок 3) характеристик построен в соответствии с правилами определения характеристик [7], порядком управления подачей топлива, изменением величины момента сопротивления гидротормоза.

При расчете использован метод «установления», сущность которого заключается в согласовании энергетических характеристик двигателя и тормозного устройства, т.е. в выполнении условия статического равновесия системы «двигатель тормозное устройство» ($M_{\text{e}} = M_{\text{c}}$) при изменении нагрузки $M_{\text{c}}$ или значения относительного положения органа управления подачей топлива $\bar{h}_{\text{p}}$. Временной фактор при расчете статических характеристик не влияет на установление равновесия системы, а используется в качестве переменной для решения системы дифференциальных уравнений. В качестве начальных значений переменных, определяемых в системе дифференциальных уравнений (1), брались соответствующие значения параметров на номинальном режиме, полученные экспериментально. Таким образом параметры установившихся режимов получались как конечный результат переходного процесса работы двигателя с режима номинальной мощности на заданный режим работы.

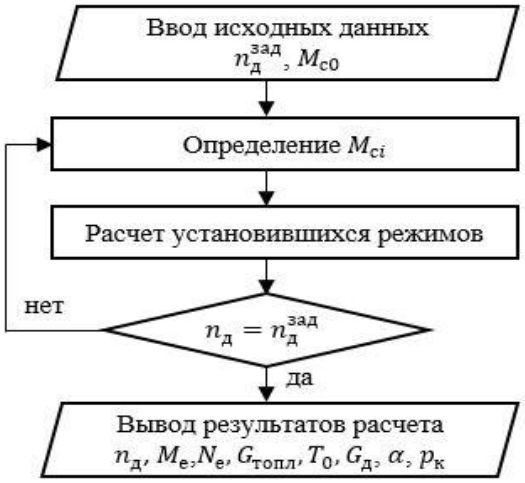



Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма расчета внешней скоростной характеристики

Расчет внешней скоростной характеристики начинался с определения значения нагрузки $M_c$ на режиме максимальной мощности ($n_д^{зад}$ = 2000 мин$^{-1}$). Увеличение $M_c$ приводило к изменению параметров работы двигателя, а именно его энергетических и экономических характеристик, что вызывало соответствующее изменение значений частоты вращения коленчатого вала двигателя и ротора ТКР, которые определялись решением системы дифференциальных уравнений (1).

В результате уменьшения значения частоты вращения коленчатого вала двигателя и увеличения $M_e$ наступало условие статического равновесия (установление), при котором значение угловой скорости коленчатого вала двигателя на текущем шаге расчета соответствовало его значению на предыдущем шаге ($\omega_{дi} = \omega_{дi-1}$).

Дальнейший расчет внешней скоростной характеристики осуществлялся путем дискретного увеличения параметра нагрузки $M_c$ с шагом $\Delta M_c$ = 1 Н·м, при уменьшении $n_д^{зад}$ на величину $\Delta n_д$ = 100 мин$^{-1}$. Расчет внешней скоростной характеристики выполнялся до величины $n_{дM}$ соответствующей частоте вращения коленчатого вала двигателя при максимальном крутящем моменте.

Расчет нагрузочных характеристик включал варьирование: значения нагрузки – от 100 % до 40%, с шагом – 20 % при частоте вращения коленчатого вала двигателя – 2000 мин$^{-1}$, 1900 мин$^{-1}$, 1700 мин$^{-1}$, 1500 мин$^{-1}$, 1300 мин$^{-1}$. Расчет начинался с определения параметров двигателя при максимальной подаче топлива ($\bar{h}_p$ = 1) для заданного скоростного режима $n_д^{зад}$, по той же методике, что и при определении внешней скоростной характеристики. Исходя из полученного значения $M_e$ определялись значения $M_c$ соответствующие величине нагрузке 80, 60, 40 %. После чего путем итерационного подбора значения относительного положения органа управления подачей топлива $\bar{h}_p$ достигалось условие равенства частоты вращения коленчатого вала двигателя заданному значению ($n_д = n_д^{зад}$) для соответствующих нагрузочных режимов.

Для оценки адекватность разработанной математической модели были использованы результаты испытаний по определении внешней скоростной и нагрузочных характеристик дизельного двигателя В-92С2.

Анализ скоростной и нагрузочных характеристик показал, что результаты, полученные расчетным путем с применением разработанной математической модели, удовлетворительно сходятся с результатами эксперимента, а отклонение результатов расчета от экспериментальных данных не превышает допустимой погрешности в 5% (рисунок 4).

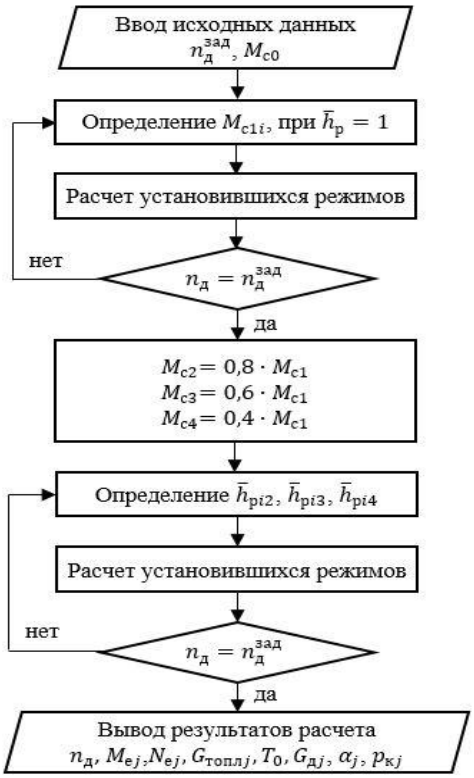



Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма расчета нагрузочных характеристик

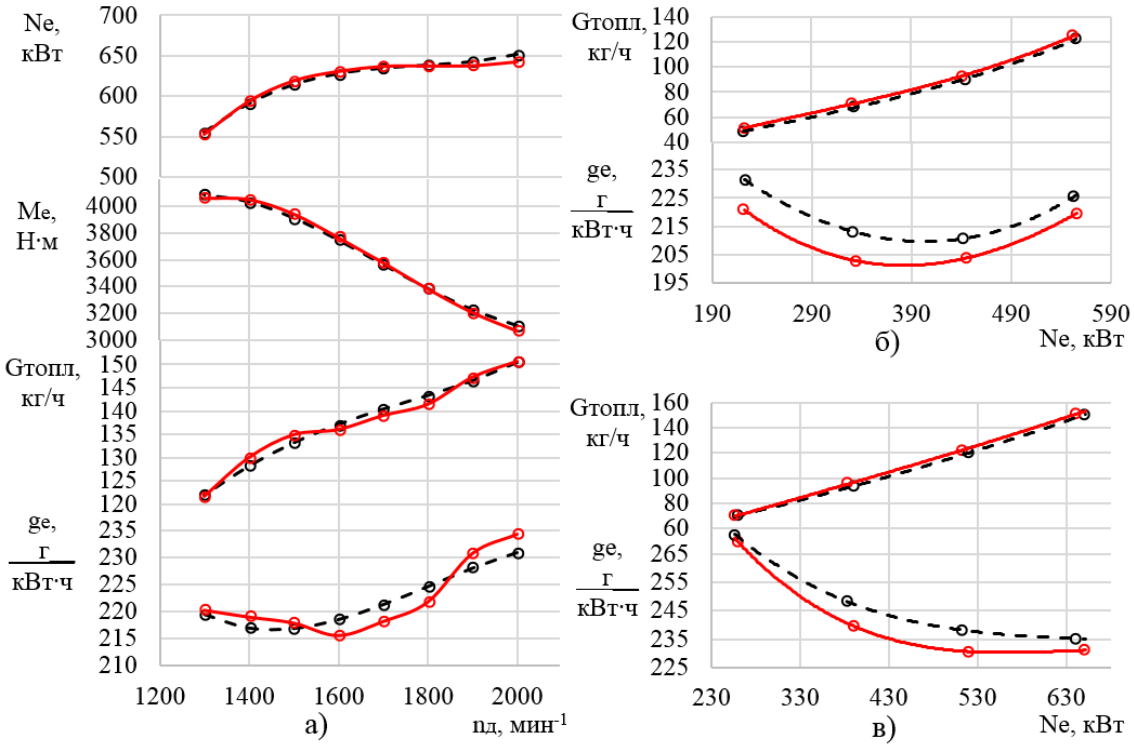



Рисунок 4 – Статические характеристики дизельного двигателя В-92С2: а) внешняя скоростная; б) нагрузочная ($n$ = 1300 мин$^{-1}$);
в) нагрузочная ($n$ = 2000 мин$^{-1}$).

Таким образом удовлетворительная сходимость расчетных и экспериментальных данных полученных при снятии статических характеристик дизельного двигателя В-92С2

подтверждает адекватность математической модели дизельного двигателя с ГТН и ее практическую пригодность для научных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rakopoulos, C.D. Availability analysis of a turbocharged diesel engine operating under transient load conditions / C.D. Rakopoulos, E.G. Giakoumis // Energy, 29(8):1085{1104, 2004.

2. Шелпаков С.Ю. Расчет внешней скоростной характеристики дизельного двигателя В-92С2 / С.Ю. Шелпаков, Н.С. Черепанов Н.С., Е.А. Юдников [и др.] // Актуальные проблемы науки и техники: Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции, Уфа, 05 октября 2021 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2021. – С. 75-84.

3. Шелпаков, С.Ю. Математическое моделирование переходных режимов работы танкового дизельного двигателя / С.Ю. Шелпаков, Н.С. Черепанов, А.Б. Яблочкин // Наука и военная безопасность. – 2021. – № 3 (26). – С. 93-98.

4. STATISTICA Base // StatSoft. URL: http://statsoft.ru/products/ STATISTICA_Base/multiple-regression.php#pr (дата обращения 10.10.2022).

5. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021668085 Российская Федерация. Расчет нагрузочных характеристик дизельного двигателя военной гусеничной машины: № 2021667293: заявл. 27.10.2021: опубл. 09.11.2021 / С.Ю. Шелпаков, А.Л. Ахтулов, Е.А. Юдников [и др.].

6. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021668260 Российская Федерация. Расчет внешней скоростной характеристики дизельного двигателя военной гусеничной машины: № 2021666812: заявл. 21.10.2021: опубл. 11.11.2021 / С.Ю. Шелпаков, А.Л. Ахтулов, Н.С. Черепанов [и др.].

7. ГОСТ 27196–86 Дизели военных гусеничных машин. Методы стендовых испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 23 с.

УДК 621.565

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО ПРОЦЕССА КОНДЕНСАТОРОВ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН

С.Е. Башняк, канд. техн. наук, доцент[1]
М.А. Лемешко, канд. техн. наук, доцент[2]
[1]*Донской государственный аграрный университет*
[2]*Донской государственный технический университет (Институт сферы обслуживания и предпринимательства)*

***Аннотация.*** В статье исследуется подход по увеличению эффективности процесса конденсации в холодильной машине, что обеспечивает надёжную стабильность тепловых режимов при хранении и переработке сельхозпродукции. Сущность подхода заключается в улучшении теплообменного процесса в конденсаторах. Это обеспечивает снижение температуры конденсации и снижение удельного энергопотребления холодильной машины. Теплообмен улучшается путем применения теплообменных трубок с овальным сечением, вместо типовых трубок с круглым сечением.

***Ключевые слова:*** холодильная машина, процесс конденсации, энергопотребление, теплообмен, сечение теплообменных трубок.

Известно, что при хранении и переработке сельхозпродукции используются холодильные машины, как правило, компрессионного типа; которые являются в настоящее время наиболее экономичными аппаратами. Очевидно, что производство, хранение, транспортировка и реализация сельхозпродукции невозможно без холодильной техники [1].

При этом следует учитывать, что затраты на охлаждение продукции и на поддержание температурных режимов при производствах, в немалой степени определяют стоимость готовой продукции. Что важно в конкурентной среде. Учёные и исследователи постоянно изыскивают методы снижения затрат на охлаждения продукции.

Предлагается к обсуждению решение, которое позволит улучшить теплообменный процесс трубчатых конденсаторов холодильных машин с окружающим воздухом или теплообменный процесс хладагента с охлаждающей жидкостью. Это могут быть конденсаторы трубчатого типа любой конструкции, как в виде пучков труб, так и виде змеевика теплообменной трубки.

Практически всегда в теплообменных аппаратах, в том числе и в конденсаторах холодильных машин используются трубы правильного круглого сечения. Нами обоснована целесообразность использовать для улучшения теплообменного процесса трубы не круглого, а овального сечения. Идея основана на том, что отношение длины окружности к площади сечения для круглого сечения наименьшее. Для овального сечения это отношение больше. С физической точки зрения это означает приближение центральной области рабочего тела внутри теплообменной трубки к поверхности теплообмена, это обстоятельство ускоряет процесс отвода тепла от рабочего тела. Именно это обстоятельство улучшает теплообменный процесс через стенку трубы теплообменного аппарата и способствует снижению удельного энергопотребления холодильника в целом.

Рассмотри теоретический аспект вопроса о возможном снижении затрат на процессы охлаждения в холодильных машина [2].

На рисунке 1 приведена lgP-h диаграмма при двух режимах работы конденсатора холодильной машины: при типовом теплообмене трубки конденсатора с окружающим

воздухом и при увеличенном теплообмене, который обеспечивается применением трубок конденсатора с овальным сечением.

На диаграмме пунктиром условно показан холодильный цикл при типовой конструкции конденсатора, при трубке змеевика правильного круглого сечения, и сплошными линиями показан холодильный цикл при улучшенном теплообмене хладагента с окружающим воздухом. При улучшении теплообменного процесса происходят следующие явления:

- Понижается давление конденсации;
- Понижается температура нагнетания;
- Понижается температура испарения (незначительное);
- Увеличивается перепад температуры воздуха, проходящего через теплообменную поверхность конденсатора;

Таким образом, из диаграммы видно, что при улучшении теплообмена охлаждаемого рабочего тела с окружающим воздухом не только снижается температура конденсации, но и уменьшается нагрузка на компрессор, снижаются энергозатраты при пуске компрессора, и при работе компрессора в рабочем цикле. Это обстоятельство скажется на увеличение ресурса работы компрессора, его надёжности.

При теплообмене поверхности твердого тела с газовой средой значение коэффициента теплоотдачи обычно не превышает 20-80 Вт/м$^2$·град. Одним из часто применяемых способов улучшения охлаждения хладагента в конденсаторе является увеличение поверхности теплообмена. В случае замены трубок круглого сечения, на трубки с овальным сечением, при одинаковой площади сечения, поверхность трубок с овальным сечением больше.

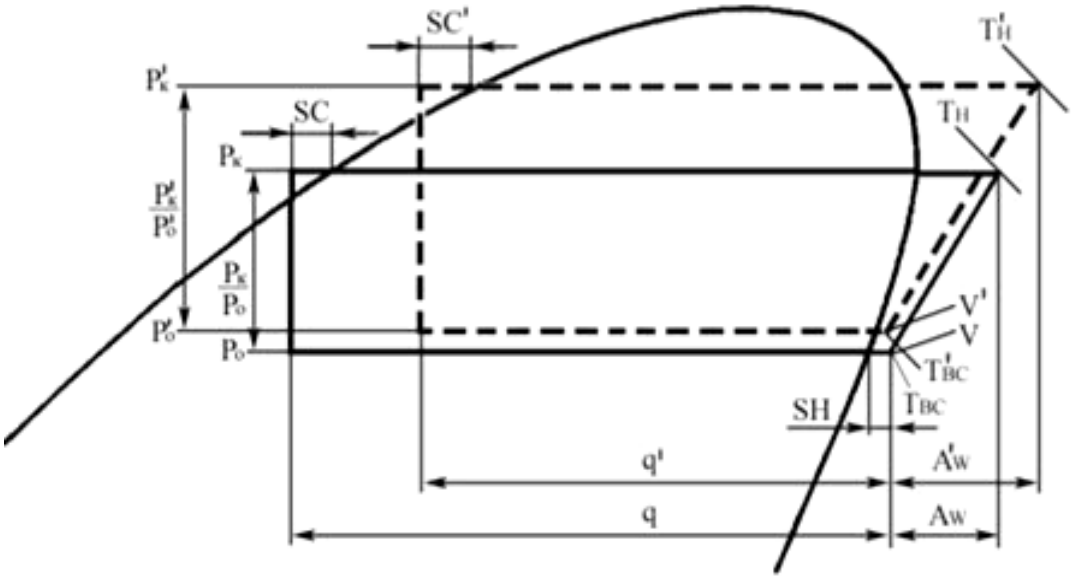



Рисунок 1 - Диаграмма lgP/h холодильного цикла при изменении условий охлаждения конденсатора

Охлаждение конденсатора компрессионного холодильника обеспечивается движением потока воздуха от вентилятора относительно неподвижного конденсатора. Обдув поверхности конденсатора холодильника потоком воздуха от вентилятора увеличивает интенсивность теплообмена, ускоряет отвод тепла от хладагента.

Очевидно, что для обдуваемых теплообменных трубок, отвод тепла от внешней поверхности трубок овального сечения будет ещё в большей степени интенсивным, всвязи с большим градиентом перепада температур при трубках с овальным поперечным сечением.

Недостатком такого способа охлаждения конденсатора является то, что на вентилятор затрачивается энергия и при относительно невысоких температурах окружающего воздуха, и при относительно не большой мощности компрессионного холодильника. Затраты энергии

на работу вентилятора могут привести к увеличению удельного энергопотребления холодильника и, как следствие, к снижению его ресурса безотказной работы [4].

Устранить это недостаток можно путём управления процессом конденсации с использованием контроллера управления, работа которого описана в работе [5].

Следует также учитывать, что энергия, затрачиваемая вентилятором на создание воздушного потока, большей частью не используется в обеспечении теплообменного процесса на поверхности конденсатора, т.к. часть воздушного потока от вентилятора не касается поверхности змеевика конденсатора. Этот недостаток минимизирован в бытовом холодильнике с подвижным конденсатором [6]. Холодильник по указанному патенту состоит из холодильного шкафа, герметичного агрегата, компрессора, испарителя и конденсатора, закрепленного консольно в нижней части холодильного шкафа, при этом верхняя часть конденсатора взаимодействует с исполнительным органом электромагнитного вибратора, прикрепленного к корпусу холодильного шкафа. Теплопередача от конденсатора окружающему воздуху интенсифицируется за счет создания дополнительного обдува змеевика конденсатора при его колебательных движениях.

Однако конденсатор в виде змеевика выполненный из оребренной трубки имеет ряд преимуществ по сравнению с конденсатором холодильника с принудительной вентиляцией (обдувом) поверхности конденсатора [7]. Прежде всего, в простоте такого теплообменного аппарата-конденсатора, и в относительно меньшей себестоимости холодильника с таким конденсатором. Конденсатор в виде змеевика выполненный из цилиндрической оребренной трубки имеет достоинства также по сравнению с подвижным конденсатором [6], по этим же показателям - простоте и более низкой стоимости.

Опираясь на исследования в области увеличения эффективности процесса конденсации в компрессионных холодильниках, нами решена задача по улучшению теплообменного процесса между хладагентом в трубке конденсатора и окружающим воздухом [8].

Технический результат разработки заключается в улучшении теплообмена хладагента в конденсаторе с окружающим воздухом и снижение затрат электроэнергии на работу компрессионного холодильника.

На рисунке 2 приведены два вида сечения типовой трубки конденсатора с круглым сечением (А) и трубки с овальным сечением (В).

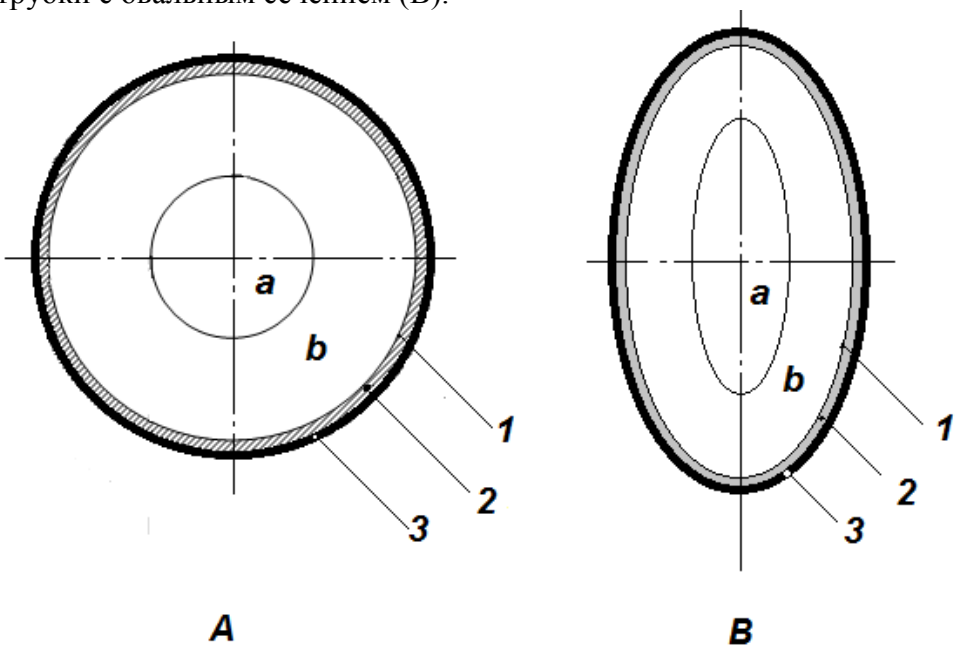



Рисунок 2 - Вид сечения трубки конденсатора с круглым сечением (А) и с овальным сечением (В): 1-внутренняя поверхность трубки, 2 -материал трубки, 3-внешняя поверхность трубки, отводящая тепло в окружающую среду, а - область горячего рабочего тела, область относительно холодного рабочего тела.

Из основ газодинамики известно, что скорость движения жидкости в трубе больше в области цента сечения трубы, следовательно, условно можно выделить область в сечении трубы, где температура будет выше, чем в точках сечения трубы по мере приближения к стенке трубы [9]. Именно в области центра трубы область «а» (рис.2) теплообмен хладагента с внутренней (1) поверхностью трубки конденсатора затруднён, он «изолирован» от этой поверхности областью «б», которая, в некотором условном представлении, является тепловым сопротивлением теплопередаче. Очевидно, чем тоньше этот слой (область «б»), тем ближе будет область «а» с максимально высокой температурой к поверхности (1) имеющей минимальную температуру, т.е. будет максимально высокая теплопередача, а в данной схеме теплоотвод от хладагента. Очевидно уменьшить слов «б», означает приблизить стенки трубы к центру движени горячего рабочего тела, что и достигается при использовании труб с овальным сечением. Это наглядно видно при сравнении сечений, приведённых на рисунке 2. Повышение эффективности процесса конденсации в холодильных машинах обеспечивает устойчивость этого важного оборудования к влиянию внешних факторов, обеспечивает надёжную стабильность тепловых режимов [10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лемешко, М.А. Безопасность хранения пищевых продуктов в отечественных малых холодильных машинах /М.А. Лемешко, С.Е. Башняк // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. - 2017. - №31(3). - С. 94-97.

2. Бартенева, О. Современное холодильное и технологическое оборудование / О . Бартенева // Переработка молока : технология , оборудование , продукция . – 2013. – № 2. – С. 69–72.

3. Бабакин, Б. С. Развитие энергосберегающей холодильной техники и технологий / Б.С. Бабакин, М. И. Воронин // Холодильная промышленность . – 2008. – № 5. – С . 9–11.

4. Устройство, эксплуатация и обслуживание холодильного оборудования / Д. И. Грицай, И. В. Капустин, В. И. Марченко, Е. В. Кулаев // Ставропольский государственный аграрный университет. – Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет (СтГАУ), 2019. – 52 с.

5. Лемешко, М.А. Оценка технического состояния малой холодильной машины с использованием программируемого контроллера /М.А. Лемешко, С.Е. Башняк // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. - 2017. - №30(2). - С. 78-82.

6. Бытовой холодильник с подвижным конденсатором Лемешко М.А., Кожемяченко А.В., Урунов С.Р. Патент на изобретение RU 2570533 C1, 10.12.2015. Заявка № 2014154241/06 от 29.12.2014.

7. Кожемяченко, А.В. Анализ влияния эксплуатационных факторов на техническое состояние бытовых холодильных приборов/ А.В. Кожемяченко, М.А. Лемешко, С.Р. Урунов // Технико-технологические проблемы сервиса. - 2015. - № 4 (34). - С. 55-62.

8. Конденсатор компрессионной холодильной машины Лемешко М.А., Кожемяченко А.В., Карелин А.Е. Патент на полезную модель 209876 U1, 23.03.2022. Заявка № 2021129965 от 12.10.2021.

9. Теплообмен: теория и практика: Учебник / В. В. Карнаух, А. Б. Бирюков, С. И. Гинкул и др. – М., 2021. – 332 с.

10. Башняк, С.Е. Стабильность теплоэнергетических характеристик холодильных машин - путь к повышению качества хранения сельхозпродукции / С.Е. Башняк, М.А. Лемешко, И.М. Башняк // Вестник Донского государственного аграрного университета. - 2020. - № 3-1 (37). - С. 56-63.

УДК 621.43.052

# СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО СРЕДСТВАМ НАГНЕТЕНИЯ ВОЗДУХА В КАМЕРУ СГОРАНИЯ

Б.В. Горбоносов, студент
С.П. Матяш, старший преподаватель
*Новосибирский Государственный Аграрный Университет*

***Аннотация.*** В статье рассмотрены типы систем повышения мощности двигателя внутреннего сгорания.

***Ключевые слова:*** наддув, газотурбинный наддув, турбонагнетатель, механический наддув, повышение мощности двигателя, двигатель внутреннего сгорания.

В последние годы, из-за роста темпов производства и потребностей людей перед производителями грузовых автомобилей остро звучат вопросы повышения мощности двигателей и снижения выбросов вредных веществ в окружающую среду за счет использования различных видов наддува.

Вопрос с повышением мощности ДВС можно решить увеличением рабочего объема двигателя, кол-ва цилиндров, камеры сгорания, но это неизбежно приведет к повышению количества отработавших газов в атмосферу. В таком случае автопроизводителям нужно будет усложнять конструкцию двигателя, добавляя в неё дополнительные узлы и системы для уменьшения выбросов, что соответственно приведет к удорожанию производства этого двигателя [1].

В данном случае, чтобы повысить мощность ДВС, лучше использовать один из видов наддува двигателя.

Наддув – это способ повысить мощность двигателя, не увеличивая его объем, по средствам накачивания в камеру сгорания большего кол-ва воздуха. Чтобы повысить мощность, нужно чтобы в камере сгорания сгорело больше топлива, но само по себе оно гореть не может, и поэтому нужно накачать туда воздух.

Существует 2 типа наддува:

1. Газотурбинный
2. Механический

При газотурбинном типе наддува в систему выпуска отработавших газов добавляют турбонагнетатель, который раскручивают отработавшие газы, и интеркулер. Раскрученный турбонагнетатель всасывает и сжимает воздух, отправляет его в интеркулер, а после в камеру сгорания. Газотурбинный наддув может повысить мощность ДВС на 30%

Газотурбинный наддув получил распространение, как в бензиновых, так и в дизельных ДВС. В дизельных двигателях дополнительная подача воздуха в цилиндр позволяет уменьшить возникновение дымности, то есть образование сажей и выброс их в атмосферу.

Но большим минусом использования данного типа надува является появление турбо ямы. При низких оборотах двигателя количество отработавших газов не достаточно велико чтобы быстро раскручивать крыльчатку турбины, а при резком ускорении нужно время, чтобы отработавших газов стало больше, и турбина раскрутилась на достаточную скорость.

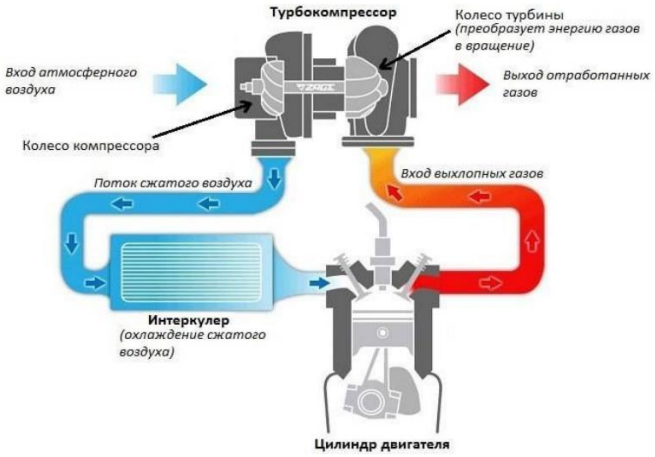



Рис. 1 Схема работы газотурбинного надува

Механические нагнетатели создают избыточное давление воздуха и направляют его во впускной коллектор для более эффективного сгорания топлива.

Механический нагнетатель может повысить мощность ДВС на 30-50%, но из-за того что он приводиться в движение от коленчатого вала, появляются затраты мощности двигателя.

Существует 3 типа механических нагнетателей [2]:

1. Нагнетатель типа ROOTS (Кулачковый). Всасывание и нагнетание воздуха производится вращением 2 роторов с 2, 3, или 4 кулачками. Принцип нагнетания схож с нагнетанием масла в масляном насосе с внешним зацеплением шестерен.
2. Нагнетатель типа LYSHOLM (Винтовой). Нагнетание воздуха производиться 2 роторами-шнеками специальной формы (один с выемками, другой с выступами). Роторы имеют коническую форму.
3. Центробежный механический нагнетатель. Конструктивно это газотурбинный компрессор, только приводится во вращение от коленчатого вала.

Есть 4 варианта привода нагнетателя:

1. Ременной привод
2. Цепной привод
3. Зубчатая передача (цилиндрический редуктор)
4. Электрическая передача (отдельный электродвигатель)

Механические нагнетатели в отличие от газотурбинных вступают в работу как только происходит нажатие на педаль газа. Минусами данного типа наддува является повышение расхода топлива относительно газотурбинного нагнетания, и высокая стоимость самих нагнетателей.

Механические нагнетатели применяют в основном в спортивных автомобилях, а так же при тюнинге.

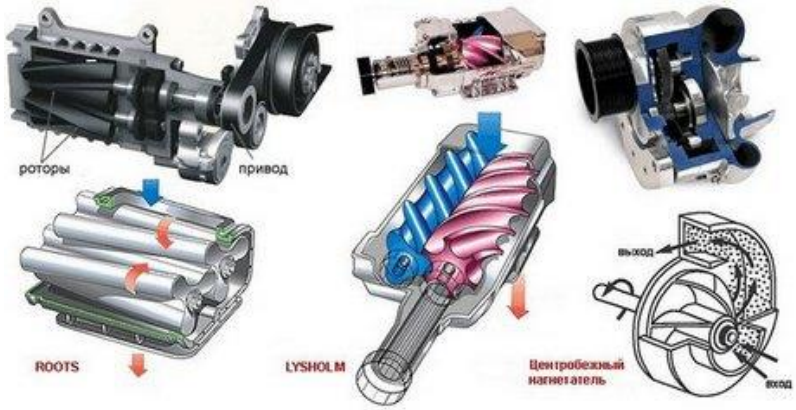



Рис.2 Схемы механических нагнетателей

Рассмотрим примеры седельных тягачей, и наддувы, используемые для повышения мощности их ДВС [3].

MAN TGX 18.440. Шестицилиндровый дизельный двигатель D2066LF40, рабочий объем 10.5 литров. Наддув – газотурбинный с интеркулером, Двигатель предельно развивает 440 лошадиных сил (324 кВт) при 1900 об/минуту и 2100 Нм крутящего момента при 1000-1400 об/минуту.

Volvo FH16. Рядный шестицилиндровый дизельный двигатель D16, рабочий объем 16 литров. Наддув - газотурбинный с интеркулером. Двигатель развивает 540, 600, 700 или 750 лошадиных сил и 2800, 2800, 3150 или 3550 Нм крутящего момента соответственно.

Scania S730 V8 4×2 Highline. Дизельный V-образный восьмицилиндровый двигатель DC16 21, рабочий объем 16 литров, отвечающий экологическим требованиям «Евро-6», с газотурбинным наддувом и интеркулером. Развивает 730 л.с. при 1900 об/минуту и 3500 Нм крутящего момента при 1000-1300 об/минуту.

КамАЗ-54901. Рядный дизельный шестицилиндровый двигатель KAMAZ-910.12-450. Рабочий объем 12 литров, отвечающий экологическим нормам «Евро-5», с газотурбинным наддувом и интеркулером. Развивает 450 лошадиных сил при 1900 об/минуту и 2060 Нм крутящего момента при 1300 об/минуту.

Исходя из анализа приведенных примеров использования нагнетателей на седельных тягачах, можно сделать вывод о том, что для повышения мощности двигателей грузовых автомобилей эффективнее использовать газотурбинный наддув с интеркулером. Он позволяет повысить мощность двигателя внутреннего сгорания, при этом не получив потерь мощности на раскручивания нагнетателя, а так же снизить вредные выбросы в атмосферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Все про наддув. [Электронный ресурс] URL: https://www.drive2.com/b/2076842/ (Дата обращения: 29.10.2022)

2. Виды механических нагнетателей. [Электронный ресурс] URL: https://www.drive2.ru/b/468931264959742956/ (Дата обращения: 29.10.2022)

3. Турбонаддув грузовых дизельных автомобилей. [Электронный ресурс] URL: https://perevozka24.ru/pages/turbonadduv-gruzovyh-dizelnyh-avtomobiley (Дата обращения: 29.10.2022)

УДК 621.879

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБКОГО НАГРЕВАТЕЛЯ ПРИ БОРЬБЕ С НАМЕРЗАНИЕМ ГРУНТА К РАБОЧИМ ОРГАНАМ МАШИН

С.А. Зеньков, канд. техн. наук, доцент
П.Ю. Дрюпин, аспирант
И.А. Герляин, Д.В. Ревин, студенты
*Братский государственный университет*

***Аннотация.*** В данной работе представлены результаты исследований, подтверждающие эффективность применения гибких пластинчатых силиконовых нагревательных элементов для снижения адгезионных сил, возникающих при разработке влажных связных грунтов. Технические и габаритные особенности позволяют использовать данные нагревательные элементы в труднодоступных местах на оборудовании. В статье рассмотрены силиконовые нагревательные элементы от источников питания напряжением 12 и 220 вольт, представлены их технические характеристики. На специальном стенде экспериментальным путем установлено усилие сдвига грунта при использовании

нагревательных элементов, при различных температурных условиях окружающей среды. Так же определена эффективность использования данных нагревательных элементов

***Ключевые слова:*** гибкий нагревательный элемент, адгезия, связный грунт, напряжение сдвига.

Разработка влажного связного грунта землеройными машинами затрудняется в силу налипания грунта к рабочим органам машин. В условиях, где температура окружающей среды опускается ниже нуля, адгезионные силы, которые препятствуют разъединению тел (грунта и рабочего органа), проявляют себя особенно сильно [1] Одним из наиболее эффективных способов борьбы с намерзанием грунта является тепловое воздействие на зону контакта грунта и металла [2,4,5,7-10].

В данном исследовании в качестве источника тепла использованы гибкие нагревательные элементы от напряжения сети 12 и 220 В. Нагревательный элемент (рис. 1) представляет собой изолированную кремнийорганическими соединениями греющую высокорезистивную проволоку. Очень большая степень гибкости и небольшая толщина данного типа подогревателя допускает его использование даже в труднодоступных местах на оборудованиях сложной формы. Техническая характеристика нагревательных элементов [2]:

- удельная мощность – 0,5/0,8 (от 12/220 В) Вт/см2;
- рабочая температура – 250 °С;
- изоляционное сопротивление – 4 Вт/см2;
- натяжение проволоки – 15х15 Н
- возможные отклонения от мощности – 5%.



Рис. 1. Силиконовый гибкий нагревательный элемент

Температурно-временная характеристика силиконовых нагревательных элементов, при температуре окружающей среды +20 °С представлена на рисунке 2.

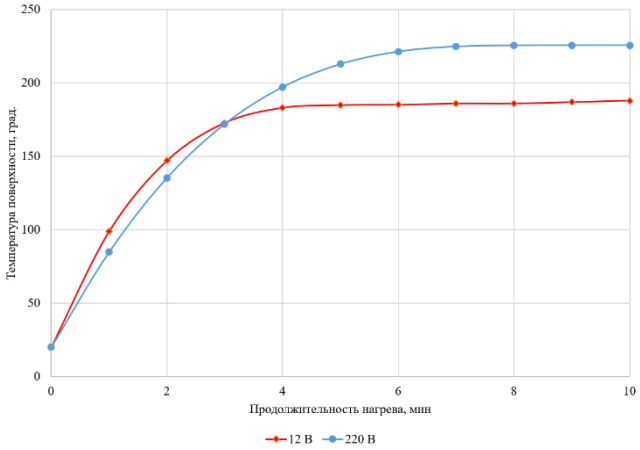



Рис. 2. Зависимость температура поверхности нагревателя от продолжительности нагрева

Для проведения эксперимента по определению усилия сдвига грунта и определения эффективности нагревательного элемента использовался специальный сдвиговой стенд [3,6]. В качестве грунта использовалась глина дисперсностью $D=7\cdot10^{-3}$ мм и весовой влажностью $W$=12,5%. Продолжительность контакта грунта и имитатора ковша составляло $t_к$=10 мин.

Был выбран план трехфакторной модели $3^3$. Варьируемые факторы, уровни варьирования, а также интервалы варьирования представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

Уровни и интервалы варьирования

| Варьируемые факторы | Уровни варьирования | | | Интервалы варьирования |
|---|---|---|---|---|
| | -1 | 0 | 1 | |
| $x_1$ – температура окружающей среды, °С | -25 | -15 | -5 | 10 |
| $x_2$ – давление на грунт, кПа | 30 | 20 | 10 | 10 |
| $x_3$ – продолжительность нагрева, мин | 7 | 5 | 3 | 2 |

Было определено усилие сдвига грунта без теплового воздействия при различной температуре окружающей среды и разном давлении на грунт.

Трехфакторное уравнение описывающее воздействие варьируемых факторов на усилие сдвига имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4{x_1}^2 + b_5{x_2}^2 + b_6{x_3}^2 + \\ + b_7x_1x_2 + b_8x_1x_3 + b_9x_2x_3 \quad (1)$$

В ходе проведения эксперимента были получены усилия сдвига при использовании нагревательного элемента.

В программе “MODEL“ произведена обработка экспериментальных данных и построены трехфакторные уравнения для обеих пластин:

- пластина 12 В:

$$Y_{12B} = 2,765 - 0,084x_1 + 1,348x_2 - 1,325x_3 - 0,006{x_1}^2 - \\ - 0,022{x_2}^2 + 0,079{x_3}^2 + 0,002x_1x_2 - 0,023x_1x_3 - 0,023x_2x_3 \quad (2)$$

- пластина 220 В:

$$Y_{220B} = 7,440 + 0,513x_1 + 0,775x_2 - 0,774x_3 + 0,02{x_1}^2 - \\ - 0,014{x_2}^2 + 0,06{x_3}^2 - 0,005x_1x_2 + 0,0075x_1x_3 - 0,019x_2x_3 \quad (3)$$

По полученным экспериментальным данным построены графики (рис.3-6) зависимости усилия сдвига от давления на грунт, при различных температурах окружающей среды и различной продолжительности нагрева.

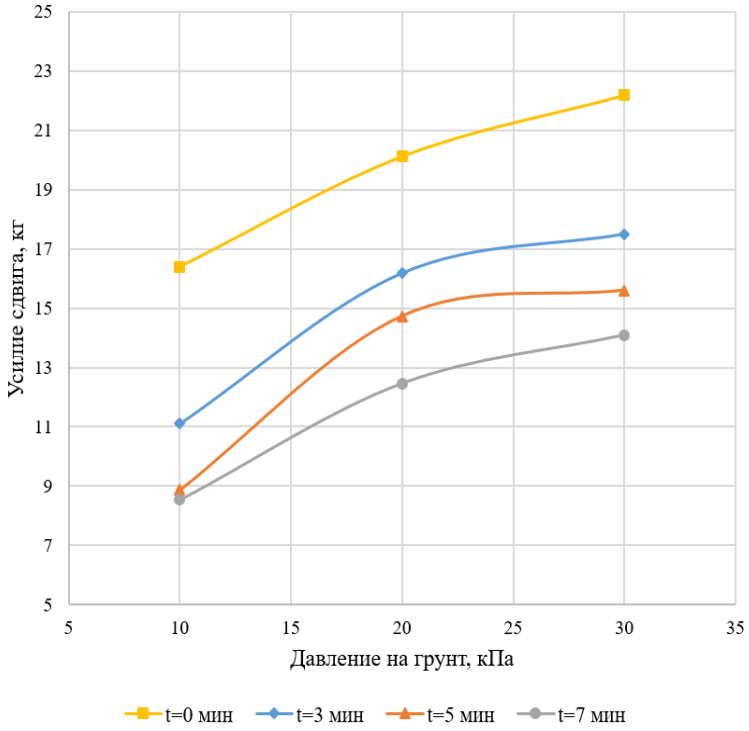



Рис. 3. Гафик зависимости усилия сдвига от давления на грунт, при температуре откружающей среды -5 °С (нагревательный элемент от 12 В)

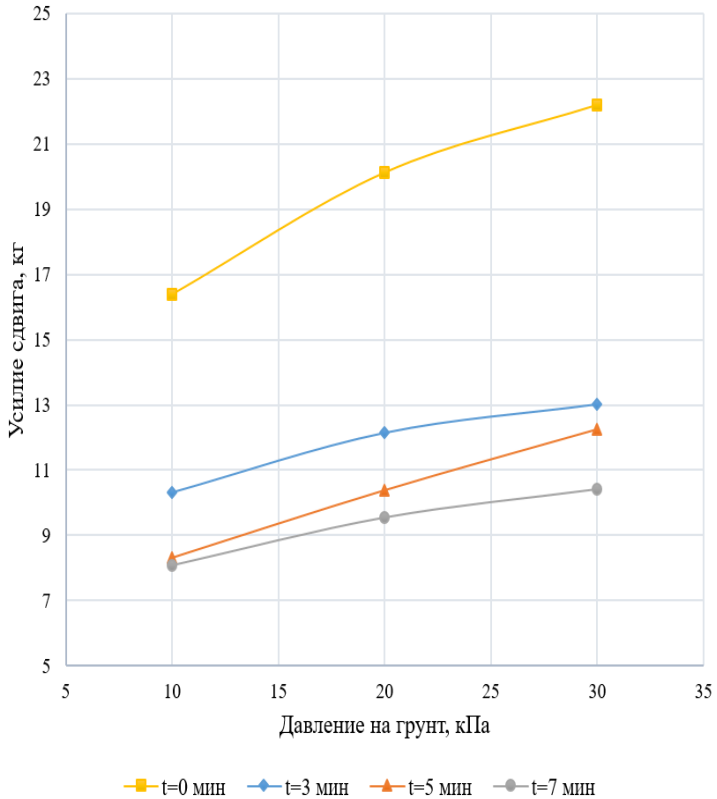



Рис. 4. Гафик зависимости усилия сдвига от давления на грунт, при температуре откружающей среды -5 °С (нагревательный элемент от 220 В)

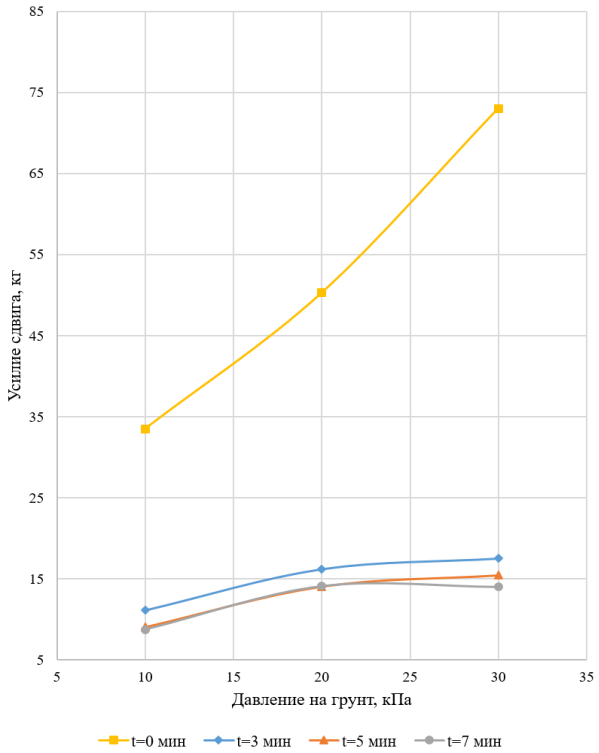



Рис. 5. Гафик зависимости усилия сдвига от давления на грунт, при температуре откружающей среды -15 °С (нагревательный элемент от 12 В)

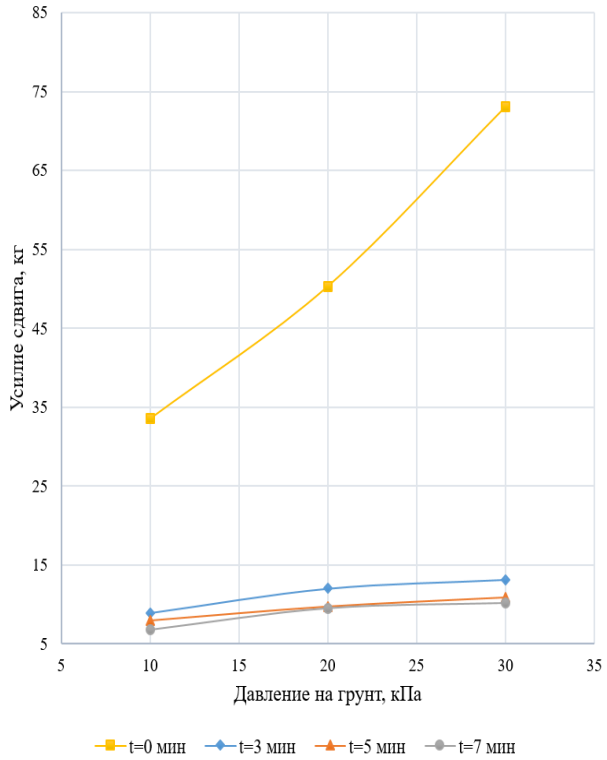



Рис. 6. Гафик зависимости усилия сдвига от давления на грунт, при температуре откружающей среды -15 °С (нагревательный элемент от 220 В)

**Заключение.** На представленных графиках видно, что использование гибких силиконовых нагревательных элементов приводит к снижению адгезионных сил. Так при использовании пластины от источника питания 220 В при температуре окружающей среды -5 °С усилие сдвига снижается в 1,65…2,15 раза; при температуре окружающей среды -15 °С усилие сдвига снижается в 3,55…7,0 раза. При использовании пластины от источника

питания 12 В при температуре окружающей среды -5 °С усилие сдвига снижается в 1,21…2,0 раза; а при температуре окружающей среды -15 °С усилие сдвига снижается в 3,04…5,17 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заднепровский Р.П. Рабочие органы землеройных и мелиоративных машин и оборудования для разработки грунтов и материалов повышенной влажности. М.: Машиностроение, 1992. 176 с.
2. Гибкие поясные и плоские силиконовые нагреватели [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://tvoy-nagrev.ru/catalog/gibkie-nagrevateli/gibkie-silikonovye-nagrevateli/.
3. Зеньков С.А., Кобзов Д.Ю., Курмашев Е.В. Стенд сдвиговый // Патент на изобретение RU 2460989 C2, 10.09.2012. Заявка № 2010139838/28 от 28.09.2010.
4. Зеньков С.А., Кожевников А.С., Кутимский Г.М. Использование электронагревательных гибких ленточных элементов для борьбы с намерзанием грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Механики XXI веку. 2014. № 13. С. 156–160.
5. Buturovich I, Kim Han Duc. Calculation curved concentrators, Trudy LPI, Vol. 309, 1969, 169 p.
6. Баловнев В.И., Бакатин Ю.П., Зеньков С.А., Журавчук С.В. Сдвиговой стенд // Авторское свидетельство SU 1310696 A1, 15.05.1987. Заявка № 3992052 от 12.12.1985.
7. Tong J. Study on reducing adhesion and resistance of soil to soil engaging components of machinery for land locomotion by bionics. A Ph.D. Dissertation, Jilin University of Technology, Changchun, China (in Chinese), 1993
8. Rajaram G., Erbach D.C. Effect of wetting and drying on soil physical properties // Journal of Terramechanics 36 (1999). P.39–49.
9. Зеньков С.А., Курмашев Е.В., Елохин А.В., Дэлэг Д. Перспективы применения гибких нагревательных ленточных элементов для снижения адгезии грунта к рабочим органам ковшового типа // Механики XXI веку. 2009. № 8. С. 164–167.
10. Зеньков С.А., Кожевников А.С., Баев А.О., Дрюпин П.Ю. Определение мест установки электронагревательных гибких ленточных элементов для борьбы с намерзанием грунта к металлическим поверхностям рабочих органов землеройных машин // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2014. Т. 1. С. 195-202.

УДК 631.3, 62-6

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГИДРОСИСТЕМЫ ТРАКТОРА ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БРОСОВОЙ ТЕПЛОТЫ ДВС

А.Б. Иванников, канд. техн. наук[1]
Р.С. Лукин, магистрант[2]
*[1]Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН*
*[2]Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье рассматриваются проблемы, связанные с эксплуатацией в условиях низких температур одной из самых важных систем трактора – гидросистемы навесного устройства. Описываются существующие решения для обеспечения работоспособности гидропривода в условиях отрицательных температур окружающей среды, способы поддержания температуры рабочей жидкости в процессе эксплуатации тракторов. Предлагается способ использования бросовой теплоты двигателя для повышения эффективности работы гидросистемы.

***Ключевые слова:*** трактор, условия эксплуатации, гидросистема, терморегулирование, рабочая жидкость, работоспособность, вязкость, трение.

На сегодняшний день ни одна отрасль народного хозяйства не может нормально функционировать без работ, выполняемых машинотракторным парком. Эксплуатация МТП осуществляется в подавляющем большинстве случаев на открытом воздухе, что ставит их в прямую зависимость от влияния неблагоприятных климатических факторов и погодных явлений.

Все трактора оборудуются гидравлической системой навесного устройства, основное назначение которой – приведение в движение механизмов и машин посредством рабочей жидкости под давлением. Потеря работоспособности гидравлической системы может происходить по причине выхода любого параметра за пределы нормы, допустимой величины, или вследствие нарушения функционирования, таких как: изгиб штока гидроцилиндра, разрыв манжеты, заклинивание перепускного клапана распределителя.

На преодоление этих сил затрачивается энергия, которая определяет потери давления в гидросистеме, что приводит не только к снижению полезных усилий, но и к потере работоспособности машины, когда давления жидкости недостаточно даже для холостого перемещения рабочего оборудования.

Надёжность гидравлической системы зависит от целого ряда факторов:

- чистота рабочей жидкости;
- режимы и условия эксплуатации;
- своевременное и качественное проведение техническое обслуживание агрегатов.

Опыт эксплуатации МТП показывает, что надёжность гидросистемы трактора существенно зависит от климатических условий. Это становится особенно заметным, если гидравлическая система работает в условиях пониженных температур окружающей среды. Исследование надёжности гидрофицированных машин различного назначения свидетельствует о том, что на зимний период эксплуатации приходится 70-90% всех отказов и неисправностей гидрооборудования.[1]

Основным фактором, ограничивающим долговечность гидропривода, является износ деталей из-за нерационального режима смазывания, вследствие повышения скорости окисления масла и скорости поступления абразивных примесей, накопление которых связано с газообменом полости гидропривода, обусловленным изменением его температурного режима. С понижением температуры и увеличением вязкости жидкости скорость выхода газового пузырька уменьшается, он легче удерживается в вязком масле, что в процессе работы гидросистемы приводит к накоплению газовых пузырьков, циркулирующих по гидросистеме в объёме жидкости. Влага, проникающая в гидросистему из атмосферы через сапун, уплотнения штоков, негерметичные соединения трубопроводов, приводит к образованию стойкой воздушно – масляной эмульсии, в результате чего ухудшаются смазывающие свойства масел, происходит их окисление, более интенсивно протекает коррозия и кавитационные явления, повышается трение. Повышение силы трения в гидроцилиндрах и гидромоторах снижает полезные усилия на штоке и валу, приводит к перерасходу топлива и снижению ресурса двигателя, что в конечном итоге снижает производительность трактора, увеличивает износ сопряжённых деталей и сокращает ресурс гидрооборудования. [2]

Как уже отмечено выше, особенно велико влияние температуры окружающей среды. Так, при понижении температуры окружающей среды ниже 0°С повышается вязкость масел, что влечёт за собой повышение сил внутреннего трения, которое характеризуется предельным напряжением сдвига одного слоя жидкости относительно другого. При понижении температуры до минус 40°С сила трения манжетных уплотнителей увеличивается в 1,6-1,8 раза, колец поперечного сечения – в 1,4-1,6 раза, а чугунных колец – в 1,1 раза. Также отрицательные температуры создают ряд проблем в работе узлов и механизмов гидросистемы. К примеру, период пуска насосов характеризуется большими

потерями на трение, что приводит к разрушению некоторых деталей (приводной вал, стопорные кольца, уплотнения и др.). Наблюдается потеря давления в гидроорудовании, трубопроводах и всасывающей гидролинии насоса, что сказывается на грузоподъёмности и производительности трактора. При понижении температуры рабочей жидкости увеличивается и максимальное пиковое давление в насосе. Увеличение вязкости смазочных материалов снижает их текучесть, в результате чего поступление рабочей жидкости к узлам трения затрудняется или может совсем прекратиться. Под действием низких температур влага, содержащаяся в смазочных материалах, кристаллизуется, что вместе с изменением свойств самой жидкости, снижает её смазочные свойства. В более вязкой жидкости абразивные частицы легче удерживаются во взвешенном состоянии и транспортируются по гидросистеме. [3]

При повешении температуры сила трения также увеличивается. С уменьшением вязкости защитные свойства масла ослабевают, в зоне контакта происходит разрыв масляной плёнки, образуются зоны сухого трения, на которых увеличивается молекулярное взаимодействие контактирующих поверхностей, то есть повышается адгезионная составляющая трения. При росте температуры трущихся поверхностей, уменьшается их поверхностное сопротивление внедрению и увеличивается глубина взаимной деформации, что повышает гистерезисные потери.

В качестве рабочих жидкостей в гидросистемах сельскохозяйственных тракторов, оборудованных шестерёнчатыми насосами, в основном, применяют моторные масла М-8В2 (зимнее) и М-10В2 (летнее), которые эксплуатируются в широком диапазоне температур от минус 50 до 100$^{o}$С и выше. Тогда как, рекомендуемая температура в гидросистеме сельскохозяйственных тракторов должна находиться в интервале 40…60$^{o}$С, что является диапазоном наименьшего износа деталей. [1,2].

Известно, что срок службы масла зависит от интенсивности его химического разложения, которое происходит в результате окисления кислородом, содержащимся в воздухе. При этом температура масла, наличие нерастворённого воздуха и загрязнение масла абразивными частицами оказывают каталитическое воздействие. Так, повышение температуры масла после 40$^{o}$С на каждые 8…10$^{o}$С ускоряет интенсивность его окисления в два раза. Процесс окисления и окислительной полимеризации под воздействием высокой температуры (выше плюс 60$^{o}$С) является основным фактором старения масла, при котором выделяются и выпадают в осадок органические кислоты и асфальтосмолистые вещества. В результате старения вязкость масла увеличивается [3,4].

Поддержание оптимальной температуры жидкости в гидравлической системе является актуальной задачей, особенно при эксплуатации тракторов в зимнее время, т.к. поддерживая температуру в оптимальном диапазоне, можно существенно снизить вероятность возникновения отказов и неисправностей гидрооборудования**.**

В настоящее время имеется ряд способов обеспечения работоспособности гидропривода в условиях отрицательных температур окружающей среды. К таким способам можно отнести:

1. Использование масла с более пологой вязкостно – температурной характеристикой. Применение таких масел обоснованно лишь в момент пуска и в начале работы. На величину максимально установившейся температуры масла гидропривода это не оказывает заметного влияния, Помимо этого, ассортимент таких масел достаточно ограничен и дефицитен, вследствие чего стоимость низкотемпературных масел весьма велика.

2. Использование теплоизоляционных материалов. Эта задача технически трудновыполнимая, так как агрегаты гидравлической системы располагаются по всей длине трактора, на значительном расстоянии друг от друга.

3. Нагрев агрегатов гидросистемы газовыми горелками инфракрасного излучения. Этот способ также не был широко востребован из-за низкой эффективности этих установок и потребности в дополнительных затратах на приобретение топлива.

4. Система нагревания рабочей жидкости дросселированием. Основана на принципе прохождения рабочей жидкости через дроссель под большим давлением, Нагревание происходит, когда рабочая жидкость проходит через гидравлическое сопротивление (дроссель) и из-за потери давления в ходе деформации жидкости, происходит преобразование механической энергии в тепловую. Недостатком этих систем является то, что, когда жидкость под давлением, на высокой скорости протекает через каналы, направляюще – регулировочное гидрооборудование и другие местные сопротивления, она многократно сминается, что пагубно влияет на химические и физические свойства рабочей жидкости, происходит разрушение молекулярных цепей, в результате чего уменьшается вязкость, ухудшаются смазывающие свойства и наблюдается потемнение масла.

5. Система нагревания рабочей жидкости путём изменения ёмкости гидробака и области теплоотдачи, которые включают маленькие и большие баки, главные и дополнительные распределители, насос, тепловой датчик, гидравлический двигатель. Недостатком этих систем является то, что после достижения рациональной температуры во время работы на маленьком баке при сообщении с большим баком температура рабочей жидкости резко понижается и становится ниже рациональной, так как массы холодного масла на много больше массы горячего. Кроме этого, это направление теплового регулирования требует существенных конструктивных изменений гидравлической системы, которая приводит к усложнению технологий производства, увеличения размеров, веса и стоимости техники. Такие системы не могут быть использованы на тракторах, применяемых в АПК в силу небольшого объёма штатной гидросистемы, однако могут быть востребованы на больших машинах применяемых, к примеру, в строительстве.

6. Система нагревания рабочей жидкости электронагревательными элементами. Недостатком является обязательное существование источников электроэнергии для питания электронагревательных элементов гидравлической системы. Нагреватели, приводимые в действие от бортовой сети, имеют низкую эффективность и значительно увеличивают нагрузку на бортовую цепь.

7. Нагревание горячим воздухом агрегатов гидравлической системы посредством водо-воздушного нагревателя. С его помощью нагревается масло в картере двигателя, баках гидравлических систем, коробке передач, заднем мосту. Данный способ актуален при подготовке к запуску, однако в процессе эксплуатации трактора использование данного способа проблематично.

Описанные организационно-технические решения, при несомненных достоинствах каждого из них, все-таки не до конца решают проблемы, связанные с улучшением выходных показателей гидропривода, в особенности, при отрицательной температуре окружающего воздуха. Из всех перечисленных способов выдвигаемым требованиям полностью не отвечает ни один.

Большой научный и практический интерес представляет способ повышения эффективности функционирования гидросистемы трактора путём использования бросовой теплоты двигателя внутреннего сгорания для поддержания температуры рабочей жидкости на оптимальном уровне.

Из теплового баланса ДВС известно, что в полезную работу превращается максимум 45% теплоты, полученной от сжигания топлива. Остальная теплота безвозвратно теряется. С охлаждающей жидкостью (ОЖ) от двигателя отводится и рассеивается в атмосферу до 28% теплоты, системой смазки - до 7%, через боковые поверхности силовой установки рассеивается до 3%. Однако большая часть безвозвратно теряемой теплоты (до 40%) рассеивается в атмосферу с отработавшими газами (ОГ). [5] Исходя из анализа теплового баланса ДВС, для решения указанной проблемы, нами предлагается способ терморегулирования рабочей жидкости за счёт использования теплоты ОГ, что позволяет повысить эффективность функционирования гидравлической системы трактора во время эксплуатации при отрицательных температурах.

Техническое решение предлагаемой системы может включать следующие элементы (рис. 1): блок рекуперации теплоты отработавших газов (1) и блок поддержания заданной температуры в гидросистеме (2).

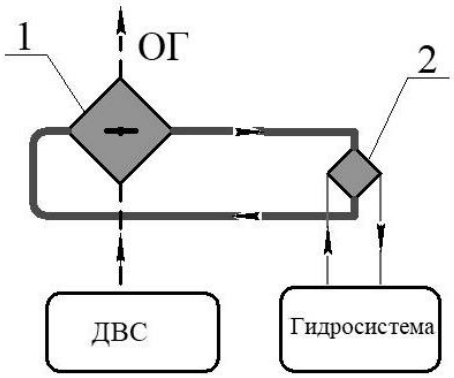



Рис. 1. Принципиальная схема системы поддержания заданной температуры в гидросистеме трактора

Система может работать в двух режимах: рабочий и холостой. Функционирование рабочего режима происходит следующим образом. После запуска двигателя трактора, отработавшие газы нагревают жидкий теплоноситель в блоке рекуперации и выбрасываются в атмосферу. Горячий теплоноситель подаётся в блок поддержания заданной температуры и нагревает рабочую жидкость гидросистемы, подаваемую к рабочим органам.

При достижении максимального значения заданной температуры рабочей жидкости, система терморегуляции прекращает подачу горячего теплоносителя в блок поддержания заданной температуры. Нагрев рабочей жидкости гидросистемы прекращается. При снижении температуры рабочей жидкости в гидросистеме до минимально заданного значения, система терморегуляции возобновляет подачу горячего теплоносителя в блок поддержания заданной температуры, тем самым в постоянно поддерживается заданная температура рабочей жидкости.

На холостом режиме работы отработавшие газы выбрасываются через выхлопную систему трактора напрямую в атмосферу, минуя блок рекуперации теплоты. Подвод теплоты в блок поддержания заданной температуры не осуществляется. Холостой режим работы включается при выполнении работ без участия гидросистемы, к примеру, транспортных или в летний период эксплуатации машины.

Таким образом, при применении предлагаемой системы, возможно повысить эффективность функционирования гидросистемы трактора, а также снизить эксплуатационные затраты и повысить коэффициент использования теплоты, выделившейся при сгорании топлива в ДВС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рылякин, Е.Г. Обеспечение работоспособности гидропривода мобильных машин при низких температурах: монография. / Е.Г. Рылякин, Ю.А. Захаров. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 124 с.

2. Каверзин, С.В. Обеспечение работоспособности гидравлического привода при низких температурах: учебное пособие / С.В. Каверзин, В.П. Лебедев, Е.А Сорокин.- Красноярск, 1997.- 240с

3. Власов, П.А. Терморегулирование топливо- смазочных материалов в системах мобильных машин: учебник / П.А. Власов, А.П. Уханов, И.А. Спицин. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 140 с.

4. Рылякин Е. Г., Курылев А. В. Система регулирования температуры рабочей жидкости в гидроприводе транспортно-технологических машин // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. –№ 3(46). – С. 89–96.

5. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1. Теория рабочих процессов: учебник для вузов/ В.Н. Луканин, К.А. Морозов, А.С. Хачиян и др.; под общ. ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2005. – 479 с.

УДК 629.113

# СИСТЕМА ТЕПЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ К ПУСКУ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

М.В. Иванов[1], С.В. Речкин[1], А.А. Сырбаков[2]
[1]*Новосибирский государственный аграрный университет*
[2]*Новосибирский государственный технический университет*

***Аннотация.*** В статье актуализированы ключевые проблемы эксплуатации тракторной техники в условиях отрицательных температур. Приведена оценка устройств для улучшения пуска дизельного двигателя при низких температурах. Предложено техническое решение, на основе теплового аккумулятора, которое позволит в условиях отрицательных температур, обеспечить форсированный предпусковой разогрев картерного масла двигателя, что позволит повысить вероятность пуска дизеля, путем увеличения пусковой частоты вращения вала двигателя,

***Ключевые слова:*** дизельный двигатель, форсированный прогрев двигателя, тепловой аккумулятор, моторное масло, отрицательные температуры.

Эксплуатация энергонасыщенной техники в условиях отрицательных температур, в основном, осложняется сильным охлаждением агрегатов во время межсменного простоя, в результате чего затрудняется пуск и прогрев двигателя. Для вывода техники на рабочую температуру требуется затратить значительное количество времени и ресурсов, что значительно повышает как затраты на топливо при эксплуатации энергетических установок, так и уменьшает время эффективной работы [1, 6].

Из практики можно отметить, что в условиях небольших аграрных предприятий, из-за трудных экономического положения, часть тракторного парка вынуждена работать зимой на летних сортах моторного масла [2, 5]. В первую очередь от этого страдают узлы ЦПГ и ГРМ, так как ухудшаются условия смазывания из-за высокой вязкости масла, это приводит к увеличению пусковых износов и уменьшению пусковой частоты вращения коленчатого вала.

Снижение пусковой частоты вала двигателя, в первую очередь связано с повышенной вязкостью моторного масла в картере двигателя, что соответственно сказывается на возможности создания условий для воспламенения дизельного топлива в цилиндре двигателя. Чем ниже пусковая частота двигателя, тем ниже температура воздушного заряда в цилиндре на такте «сжатие» [4]. Для устойчивого воспламенения дизельного топлива в дизеле при холодном пуске, температура в камере сгорания двигателя, должна быть как можно выше температуры самовоспламенения (350-400 $^0$C), поданного форсункой в цилиндр топлива.

В настоящее время существуют способы и различные средства пуска дизельного двигателя из «холодного» состояния. Такие средства (рис.1) как, свечи накала, электро-факельные устройства и применение жидкости на основе эфиров, относят к средствам помогающим запустить холодный двигатель [2], при этом будет высока вероятность форсированных износов в подвижных узлах и механизмах двигателя, из-за запаздывания подачи моторного масла к трущимся узлам, по причине повышенной вязкости масла. Применение данных устройств позволит повысить вероятность пуска холодного дизеля лишь до -25 $^0$C, что накладывает некоторые ограничение по температурному режиму.

Применение автономных и электрических предпусковых подогревателей позволяет обеспечить благоприятные температурные условия для двигателя, что значительно увеличивает вероятность пуска дизеля при более низких температурах. Однако, автономные предпусковые подогреватели, в силу повышенной стоимости, низкого квалифицированного технического обслуживания в условиях хозяйства и из-за возможности повышенной пожароопасности, не находят распространение на мобильной сельскохозяйственной техники.

Применение электрических подогревателей связано с необходимости постоянной дислокации техники, в период межсменного хранения, в местах подвода электричества, что так же накладывает некоторые ограничения.

Следующее техническое решение, для предпускового разогрева двигателя, связано с возможностью использования внутренних ресурсов самой моторной установки, путем применения тепловых аккумуляторов [1, 3]. Суть данного метода заключается в том, что за время работы двигателя, разогретая охлаждающая жидкость двигателя частично аккумулируется в тепловом аккумуляторе (термосе), сохраняется с минимальными потерями тепловой энергии, и после межсменной стоянки техники, принудительно замещается с жидкостью в блоке двигателя, что позволяет в форсированном режиме частично разогреть блок двигателя и создать благоприятные условия для воспламенения топлива в цилиндре ДВС.

Применение тепловых аккумуляторов на техники позволяет обеспечить форсированный разогрев блока двигателя, но в тоже время разогрев моторного масла в картере не происходит, что не в полной мере обеспечивает благоприятные условия смазывания подшипников коленчатого вала двигателя [6].

С целью улучшения условий смазывания подвижных элементов двигателя, при пуске «холодного» дизеля, предлагается использовать метод аккумулирования тепловой энергии жидкости для предпускового разогрева моторного масла двигателя.

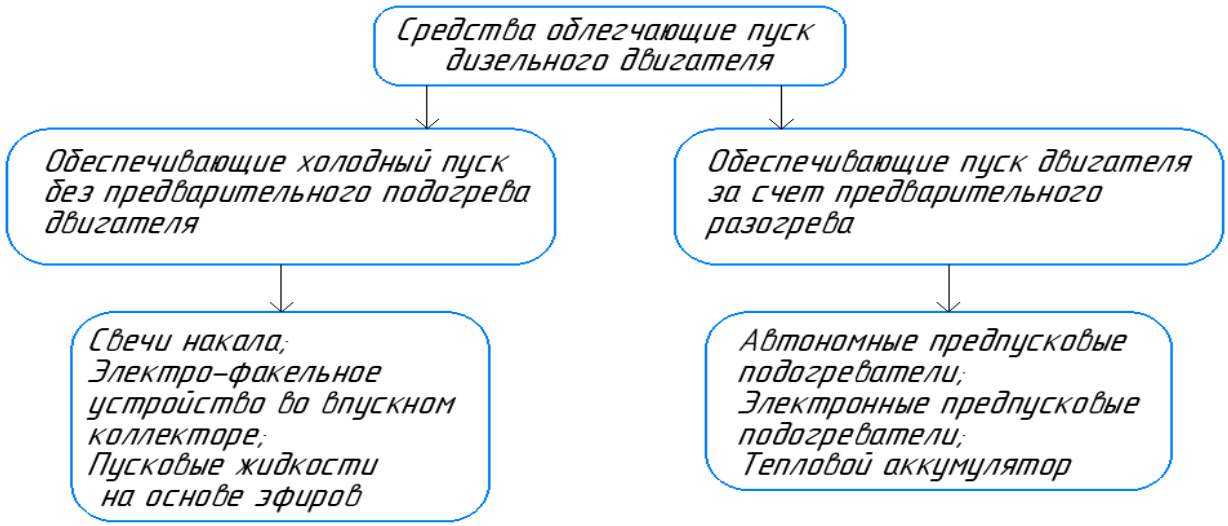



Рисунок 1 - Средства для облегчения пуска дизеля

Для этого, предлагается следующее техническое решение, которое заключается в том, что тепловой аккумулятор (ТА) представляет собой резервуар, для моторного масла с периферийной тепловой изоляцией (см. рис. 2).

В предлагаемом варианте, тепловой аккумулятор будет работать по следующему принципу. Предлагаемая схема устройства состоит из двух ресиверов, соединенных с ТА и между собой, посредствам магистралей и запорной аппаратуры. В первом ресивере под номером 3 нагнетается, в процессе работы техники, избыточное давление (0,5 – 0,8 МПа), а во втором давление ниже атмосферного. В результате работы ресиверов и запорной аппаратуры, будет обеспечиваться перемещение моторного масла в конце смены в тепловой

аккумулятор под действием низкого давления в баллоне 4, хранения всего объема моторного масла двигателя в ТА 2 с минимальными тепловыми потерями в межсменный период простоя техникм, и перед пуском дизеля перекачка моторного масла из ТА в поддон двигателя под действием избыточного давления в баллоне 3.

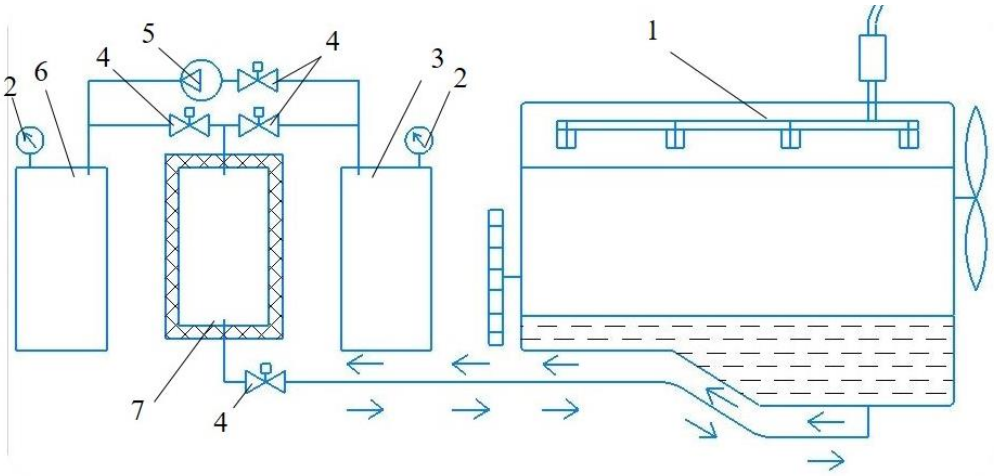



Рисунок 2 - Принципиальная схема работы системы тепловой подготовки с масляным тепловым аккумулятором:
1 – двигатель; 2 – манометр; 3 – баллон с вакуумметрическим давлением воздуха; 4 – электромагнитные клапаны; 5 – компрессор, 6 - баллон с повышенным давлением воздуха, 7 – масляный тепловой аккумулятор

Данное техническое решение, позволит повысит эффективность пуска дизельного двигателя в условиях низких отрицательных температур, за счет увеличения пусковой частоты коленчатого вала и в тоже время обеспечит более лучшие условия прокачиваемости масла к подвижным узлам моторной установки в период пуска ДВС.

Выводы:

1. В условиях низких температур затрудняется эксплуатация энергонасыщенной техники и ухудшаются технико-экономические показатели.
2. Одной из проблемой сложность пуска «холодного» дизеля, заключается в низкой пусковой частоте коленчатого вала.
3. Повышение вязкости моторного масла в картере двигателя, приводит как к снижению пусковой частоты, так и условиям снижения эффективности смазывания подвижных элементов двигателя
4. Для эффективного пуска дизеля зимой, необходим разогрев основных систем двигателя, в том числе системы смазки, что также позволит снизит вероятность интенсификации пусковых износов ДВС.
5. Применение теплового аккумулятора для масляной системы позволяет повысить эффективность пуска дизельного двигателя зимой, путем форсированного разогрева картерного масла, и как следствие увеличения пусковых оборотов вала двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков, С. В. Система предпускового разогрева двигателя Д-240 с применением теплового аккумулятора / С. В. Ермаков, А. П. Сырбаков, С. В. Речкин // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 11 ноября 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2020. – С. 177-179.

2. Пустыльников, С. А. Повышение возможности пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур / С. А. Пустыльников, А. П. Сырбаков, М. А. Корчуганова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 240-242.
3. Система предпускового разогрева дизельного двигателя с применением теплового аккумулятора / П. М. Бугаев, А. С. Истратенко, А. П. Сырбаков, М. А. Корчуганова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 39-42
4. Сырбаков, А. П. Совершенствование пусковых характеристик дизельных двигателей в условиях отрицательных температур / А. П. Сырбаков, С. П. Матяш, Н. Н. Бережнов // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23–24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 29-36.
5. Сырбаков, А. П. Улучшение пусковых характеристик дизельного двигателя в условиях отрицательных температур / А. П. Сырбаков // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы": Материалы IV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 25 июня 2020 года. – Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 27-31.
Тепловая подготовка дизельных двигателей / А. П. Сырбаков, Н. Н. Бережнов, М. А. Корчуганова, С. П. Матяш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 8(178). – С. 167-174.

УДК 621. 043

## УЛУЧШЕНИЕ ПУСКОВЫХ КАЧЕСТВ ДИЗЕЛЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

К.Ю. Колтышев, магистрант
С.П. Матяш, старший преподаватель
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация***. В статье приводятся основные способы улучшения пусковых свойств тракторных дизелей и сравнительный анализ современных средств, обеспечивающих пуск дизелей при низких температурах окружающего воздуха. Приводятся результаты экспериментальных исследований по использованию штифтовых свечей накаливания при низких температурах окружающего воздуха.

***Ключевые слова*:** дизель, свечи накаливания, низкая температура окружающего воздуха, подогрев двигателя перед пуском, холодный пуск двигателя, облегчение запуска двигателя.

Обеспечение надежного пуска дизельных двигателей в условиях низких температур является насущной, актуальной задачей эксплуатации сельскохозяйственной техники, успешное решение которой позволит повысить производительность тракторов и увеличить рабочий ресурс.

Адаптация тракторной техники к условиям низких температур зачастую зависит от того, как эффективно удается провести дополнительную тепловую подготовку.

Эксплуатация тракторов в условиях низких температур влечет за собой ряд трудностей, которые напрямую связаны с ухудшением пусковых качеств дизелей. Это объясняется особенностями пуска дизелей и рабочего процесса. Пуск дизельных двигателей обеспечивается, когда в цилиндре создается достаточное давление конца сжатия и температура, что приводит к воспламенению порции топлива.

В настоящее время для облегчения пуска дизелей при низких температурах используют следующие устройства: свечи накаливания, электрофакельные подогреватели воздуха, устройства для подачи пусковой жидкости, электрические подогреватели, индивидуальные предпусковые подогреватели и теплоаккумулирующие устройства для сохранения тепла охлаждающей жидкости.

Благодаря использованию устройств облегчения запуска дизельного двигателя улучшается температурное состояние его деталей и эксплуатационных материалов, снижается момент сопротивления вращения коленчатого вала, улучшаются условия воспламенения топлива. Температурный диапазон различных способов и устройств для облегчения пуска ограничен и зависит от типа двигателя, его конструкции и условий эксплуатации.[1]

Наибольшее применение для улучшения пусковых качеств дизельного двигателя получили штифтовые свечи накаливания, схема установки которых показана на (рис. 1).

В штифтовой свече штифт накаливания герметично запрессовывается в корпус, обеспечивая при этом хорошее газовое уплотнение.

Штифт состоит из термокоррозионностойкого стержня накаливания, внутри которого в уплотненном наполнителе из порошка оксида магния находится спиральная нить накаливания. Эта нить состоит из двух последовательно соединенных резисторов, размещенных на конце трубки накаливания нагревательной спирали и регулирующей спирали.

Нагревательная спираль имеет практически независимое от температуры сопротивление, а регулирующая обладает положительным температурным коэффициентом. При работе свечи накаливания она нагревается до температуры 850°С и работает в течение от 4 с до 2 мин. в зависимости от типа свечи накаливания и температуры двигателя. Подаваемое топливо при этом нагревается до оптимальной температуры горения.

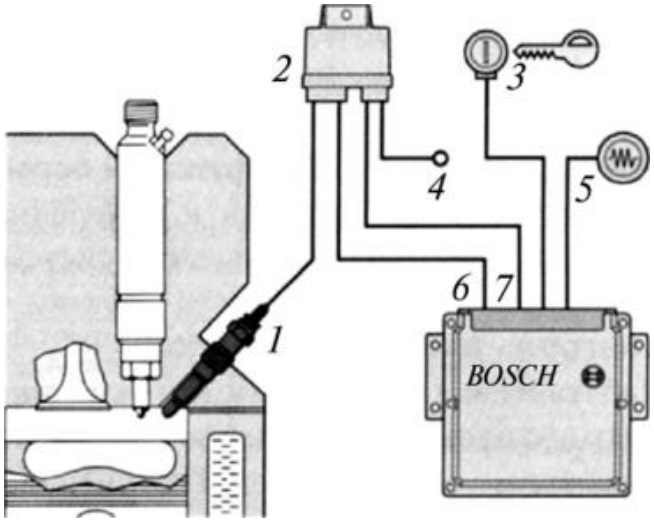



Рис.1 Схема подключения свечей накаливания:
1 – штифтовая свеча накаливания; 2 – блок управления временем работы свечей накаливания; 3 – переключатель «нагрев–пуск» (выключатель стартера и свечей зажигания); 4 – подвод напряжения от аккумуляторной батареи; 5 – контрольная лампа; 6 – провод соединения с блоком управления работой дизеля; 7 – провод системы диагностики.

Продолжительность периода подогрева и контроль температуры двигателя осуществляет блок управления свечи накаливания, сигнал на который поступает от датчика температуры двигателя.

Установленная на панели контрольная лампочка сообщает водителю, что происходит подогрев. Лампочка гаснет после окончания подогрева, что свидетельствует о возможности запуска двигателя.

После запуска двигателя свеча накаливания в зависимости от температуры двигателя может работать еще некоторое время. Это помогает улучшить сгорание топлива и уменьшить выбросы отработавших газов в режиме прогрева двигателя.

Свечи накаливания в процессе эксплуатации не требуют специального обслуживания и обладают значительным ресурсом. При выходе из строя свечи накаливания необходимо проводить замену, так как это нарушает условия запуска и работы двигателя в начальный период. При своевременной замене свечей накаливания дизельный двигатель будет работать надежно в любых условиях.

В качестве примера был проведен эксперимент с установкой штифтовых свечей накаливания на дизельный двигатель Д-120 и последующей эксплуатацией в условиях низких температур.

В течение эксплуатационных испытаний проводится не менее 60-70 пусков двигателя при температурах до минус 25ºС.

В качестве топлива двигателя используется зимнее топливо ГОСТ Р 55475-2013. В качестве моторного масла используется масло SAE 5W-30

Последовательность операций пуска при этом следующая: прогрев штифтовых свечей в течение 2-х минут, прокручивание коленчатого вала при включенном декомпрессионном механизме в течение 3-5 секунд для облегчения проворачивания и ускорения разгона вала с последующим выключением декомпрессионного механизма т.е. перевода дизеля на нормальную работу, после чего запускался дизель с первой попытки в течении 1-3 секунд.

Зависимость времени пуска двигателя Д-120 от температуры масла в картере (рис.2).

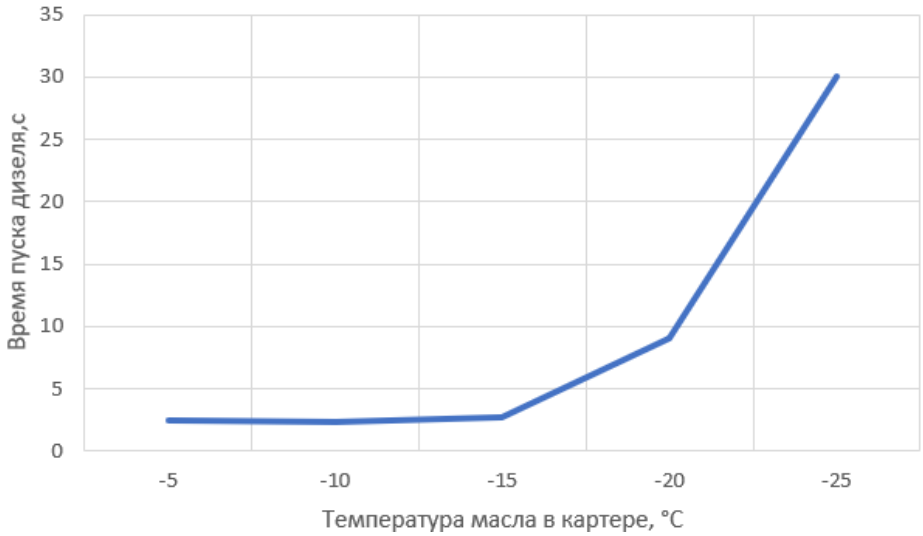



Рис.2 Зависимость времени пуска двигателя Д-120 от температуры масла в картере.

По результатам эксплуатационных испытаний в зимних условиях двигателя Д-120, оборудованного штифтовыми свечами накаливания, определена продолжительность пуска холодного двигателя при различных температурах окружающего воздуха.

Анализ результатов опытов показывает, что по длительности пуска холодного двигателя Д-120 после двухминутного прогрева свечей накаливания можно выделить три характерных температурных интервала:

- от -1 до -15ºС продолжительность пуска в большинстве опытов составляет 1-3 секунды с первой попытки;

- от -16 до -20ºС соответственно 5-10 секунд с первой попытки;

- от -21 до -25ºС время пуска находится в пределах 10-25 секунд с одной или двух попыток пуска (продолжительность первой попытки не более 20 секунд).

По результату запуска дизельного двигателя Д-120 в зимних условиях без использования свечей накаливания, уверенный запуск двигателя с первой попытки обеспечивается до температуры -10 ºС. При температуре ниже 10 ºС продолжительность пуска значительно увеличилась, что затруднило запуск двигателя.

Таким образом, для обеспечения надежного запуска двигателя Д-120 при температурах до минус 25 ºС необходимо использовать штифтовые свечи накаливания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцев Ю.М. Система облегчения пуска двигателя внутреннего сгорания при низких температурах окружающего воздуха / Ю.М. Зайцев, В.В. Семынин, А.Д. Коленко // Научные труды Дальрыбвтуза.-2019.-№ 21, с 385-387.

2. Сырбаков А.П. Эксплуатация автотракторной техники в условиях отрицательных температур / А.П. Сырбаков, М.А. Корчуганова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012 – 205 с.

УДК 621. 043

## СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГЛУБИНЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СОВРЕМЕННЫХ ТРАКТОРАХ

К.Ю. Колтышев, магистрант
А.А Корольков, студент
С.В. Речкин, старший преподаватель
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье рассмотрены способы регулирования глубины обработки почвы. Рассмотрено устройство позиционного регулирования навесного устройства (EHR) трактора КИРОВЕЦ К-744

***Ключевые слова:*** глубина обработки почвы, гидросистема трактора, навесная система, позиционно-силовой регулятор.

Эффективность работы сельскохозяйственной техники в большей степени зависит от их конструктивных, режимных, технологических параметров функционирующих элементов, а также от физико-механических свойств взаимодействующего материала и определяется показателями качества выполнения отдельной технологической операции.

При недостатке требуемой влаги в почве, возникает проблема обоснования оптимальных приёмов обработки почвы в соответствии с агротехническими требованиями.

Обеспечение качественного почвенного слоя является приоритетной задачей при разработке машин и технологий предпосевной и предпосадочной обработки почв.[1]

Для обеспечения равномерности глубины обработки почвы широкое применение получил позиционно-силовой регулятор. Существует несколько способов регулирования глубины обработки почвы.

Высотное регулирование. Осуществляется при помощи опорного (регулировочного) колеса на орудии. Преимуществами данного способа являются – стабильная глубина обработки почвы, простота настройки и эксплуатации. Недостатки – вес орудия не добавляется к весу трактора, нужен большой запас крутящего момента мотора.

Позиционное регулирование. Принцип работы данного способа заключается в том, что навеска трактора «запоминает» и удерживает установленную позицию. Одним из главных преимуществ данного способа является то, что вес орудия догружает трактор и улучшает сцепные свойства колес, тяговые возможности трактора используются в большей степени (т.к. уменьшается пробуксовка). К недостаткам относится нестабильная глубина обработки почвы на неровном рельефе и возможность зарывания орудия при движении на подъем.

Силовое регулирование. Навеска может корректировать свое положение в зависимости от усилия, передаваемого орудием. Преимуществом данного способа является возможность работать на предельных нагрузках за счет минимальных колебаний сопротивления орудия, а также поддерживается стабильная глубина обработки почвы на неровном рельефе (при достаточно высокой однородности почвы). Недостатки– если почва на разных участках поля значительно отличается, глубина обработки будет чрезмерно отличаться.

По сравнению с высотным при силовом и позиционном способах регулирования повышается производительность трактора и снижается расход топлива на 10%, так как при этом уменьшается тяговое сопротивление машины и буксование трактора.

Оптимальным способом, который в настоящее время применяется на современных тракторах, является смешанное (позиционно-силовое) регулирование.

Схема гидравлической системы с позиционно-силовым регулятором показана на (рис.1)

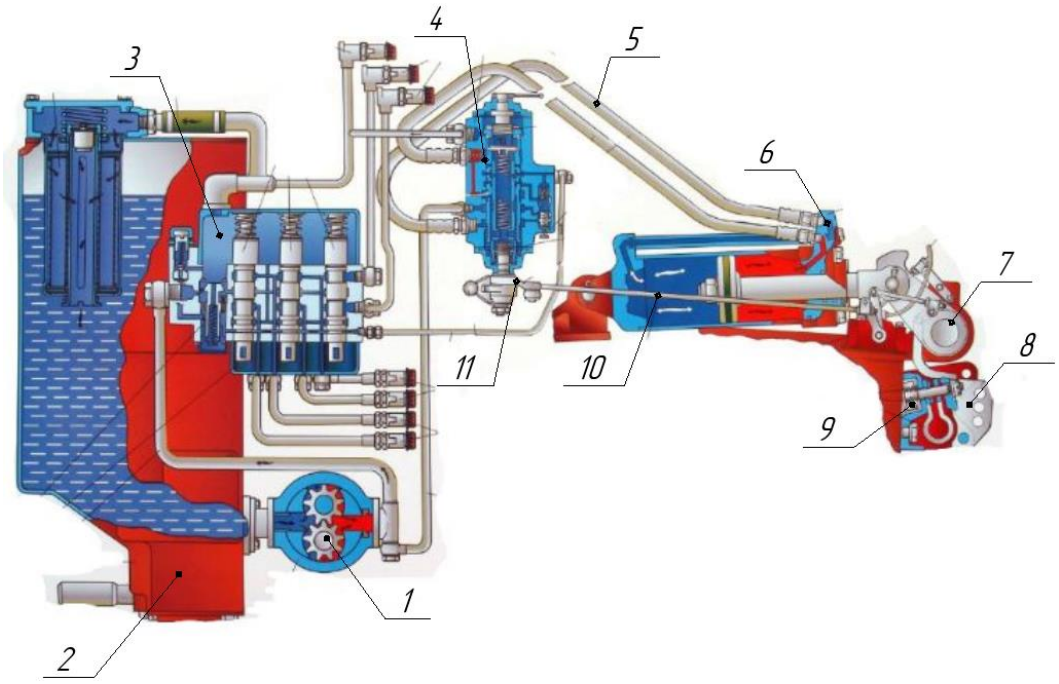



Рис.1 Схема гидравлической системы с позиционно-силовым регулятором
1 – насос; 2 – маслобак; 3 – гидрораспределитель; 4 – регулятор; 5 – шланги гидроцилиндра; 6 – гидроцилиндр; 7 – поворотный рычаг навесного устройства; 8 – серьга центральной тяги навесного устройства; 9 – пружины силового датчика; 10 – тяга регулятора; 11 – рычаг регулятора.

С июля 2017 года на тракторы «Кировец» устанавливается система позиционно-силового регулирования, пульт управления которой представлен на рисунке 2

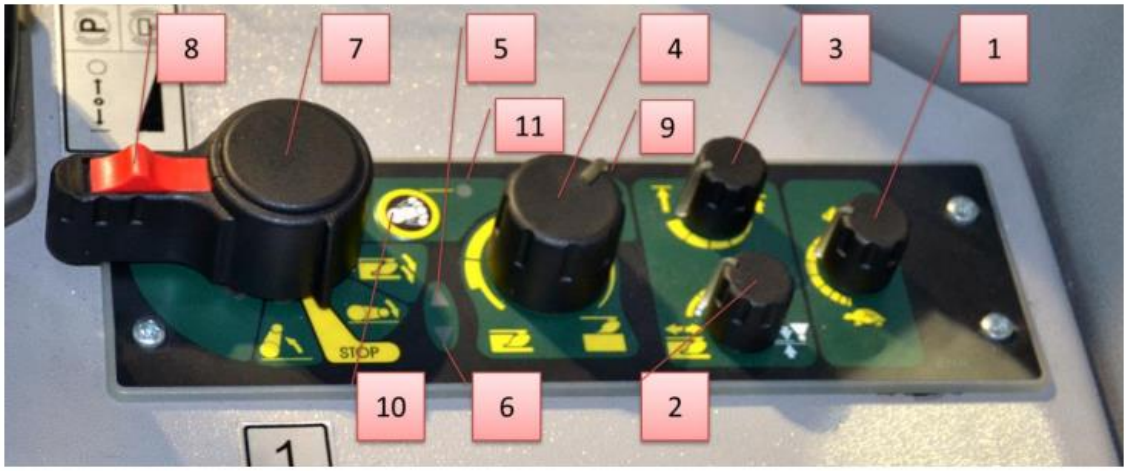



Рисунок 2. Пульт управления: 1 – рукоятка регулирования скорости опускания; 2 – рукоятка выбора способа регулирования; 3 – рукоятка регулирования ограничения высоты подъема навески; 4 – рукоятка регулирования глубины обработки почвы; 5 – сигнализатор подъема НУ (красного цвета); 6 – сигнализатор опускания НУ (зеленого цвета); 7 – рукоятка управления навесным устройством; 8 – фиксатор блокировки рукоятки управления навесным устройством; 9 – сигнализатор диагностики неисправностей (красного цвета), 10 – кнопка включения режима «демпфирование», 11 – сигнализатор включения режима «демпфирование» (красного цвета).

Порядок управления навесным устройством следующий:

• рукояткой 2 устанавливается способ регулирования. Поворот рукоятки по часовой стрелке до упора – позиционный способ регулирования, против часовой стрелки до упора – силовой, между ними – смешанное регулирование, смешанное регулирование является предпочтительным.

• Для установки требуемой высоты подъема орудия необходимо повернуть рукоятку 3 влево или вправо до упора. Поворот влево соответствует минимальной высоте подъема орудия, вправо – максимальной.

• Глубина обработки почвы устанавливается рукояткой 4. Поворот рукоятки по часовой стрелке до упора соответствует минимальной глубине, против часовой стрелки до положения «А» – соответствует максимальной глубине; поворот рукоятки против часовой стрелки до упора – плавающее положение.[2]

Также, рукояткой 4 можно задать ограничение верхнего и нижнего положения навески

Во время работы трактора без использования системы регулирования при каждом заходе в поле необходимо установить и зафиксировать оптимальное положение навески, что практически невозможно сделать с нужной точностью, находясь на рабочем месте. Чрезмерное заглубление плуга часто приводит к его поломке, а недостаточное снижает качество обработки почвы.

Систему позиционного регулирования достаточно настроить перед началом работы один раз и дальше пользоваться навеской в полуавтоматическом режиме.

Таким образом, позиционно-силовое регулирование является эффективным методом, который обеспечивает качественную обработку почвы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребнев В.П. Анализ целесообразности применения позиционно-силовых регуляторов.//Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2000. -№ 2. -С. 28-32.

2. Селиванов Н.И. Обоснование рациональных параметров тракторов "кировец" для основной обработки почвы / Селиванов Н.И., Запрудский В.Н. // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Болгарии: сб. статей. – Красноярск, 2011г. – С. 258-264

УДК 621. 043

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУСКА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

С.П. Матяш, старший преподаватель
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной статье рассмотрены способы и средства обеспечения запуска дизельных двигателей в условиях низких температур окружающего воздуха.

***Ключевые слова*:** способы и средства облегчения пуска дизельных двигателей, устройство для подачи легковоспламеняющейся пусковой жидкости, низкая температура окружающего воздуха.

Обеспечение надежного пуска дизельных двигателей в зимний период является довольно актуальной эксплуатационной задачей, решение которой в условиях низких температур требует соблюдения нормативных ограничений по запуску и последующему прогреву дизельных двигателей.

В процессе запуска непрогретого двигателя можно выделить следующие негативные последствия:

- снижение напряжения и емкости аккумуляторной батареи, из-за повышения вязкости и внутреннего сопротивления;
- затруднение проворачивание коленчатого вала двигателя, из-за повышенной вязкости моторного масла;
- ухудшение процесса самовоспламенения дизельного топлива, вследствие плохого распыливания в цилиндрах двигателя;
- повышенные выбросы вредных веществ в отработанных газах.

Для улучшения процесса пуска дизельных двигателей в условиях низких температур используются разнообразные способы, позволяющие облегчить запуск за счет использования:

- подогрева воздуха во впускном коллекторе с использованием электрофакельных подогревателей или свечей накаливания;
- подогрева дизельного топлива в топливоподающих форсунках;
- использование теплоаккумулирующие устройств с электронным управлением в межсменный период для сохранения тепла охлаждающей жидкости системы охлаждения дизельного двигателя;
- пусковых легковоспламеняющихся эфиров;
- устройств, позволяющих изменить фазы газораспределения;
- декомпрессионного механизма;
- устройств калоризаторного воспламенения дизельного топлива.

К одному из наиболее дешевых и перспективных способов облегчения запуска дизельных двигателей в условиях низких температур можно отнести использование легковоспламеняющихся эфиров.

Для подачи пусковых жидкостей в цилиндры двигателя используются различные устройства, выбор которых определяется исходя из конструктивных особенностей, условий эксплуатации и экономических факторов.

Подача пусковой жидкости может обеспечиваться в предпусковой период или непосредственно в процессе пуска дизельного двигателя [1].

Наиболее простое решение подачи пусковой жидкости в цилиндры двигателя на основе внешнего смесеобразования. При использовании данного способа во впускной коллектор устанавливается устройство подачи легковоспламеняющейся пусковой жидкости, которое представлено на рисунке 1.

Благодаря регулированию дозирования легковоспламеняющейся жидкости, поступающей во впускной коллектор существенно улучшились условия воспламенения топливо - воздушной смеси в цилиндрах двигателя.




Рисунок 1 - Устройство для подачи легковоспламеняющейся жидкости из аэрозольного баллона во впускной коллектор Д-243:
1 – аэрозольный баллон; 2 – втягивающее реле; 3 – рычажный механизм

График полученной зависимости времени пуска двигателя Д-243 от температуры окружающего воздуха с использованием устройства для подачи легковоспламеняющейся жидкости и без него показан на рисунке 2.

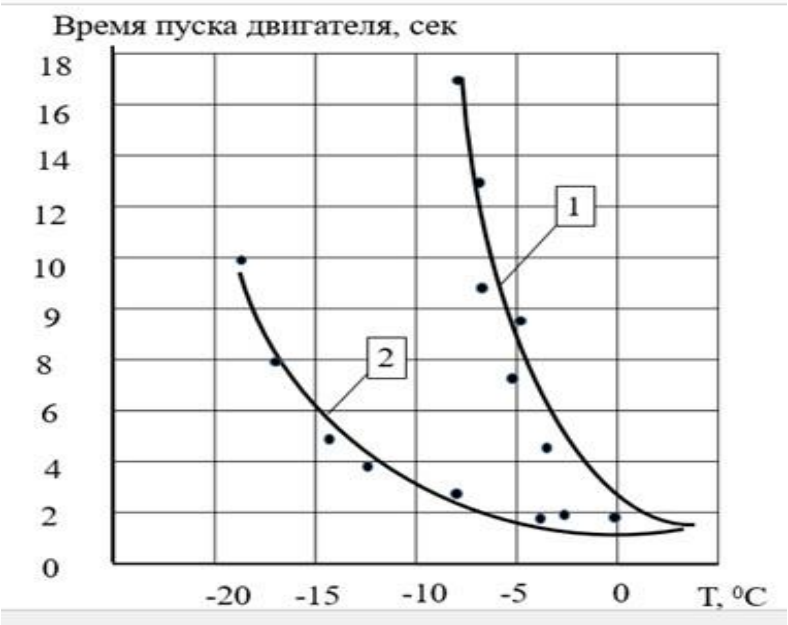



Рисунок 2 – График зависимости времени пуска двигателя Д-243 от температуры окружающей среды: 1 – без использования пусковой жидкости; 2 – с применением пусковой жидкости.

Проведенные испытания по использованию легковоспламеняющейся жидкости на двигателе Д-243 позволили существенно облегчить пуск в условиях низких температур, вследствие наличия в ней компонентов с низкой температурой самовоспламенения и широкими пределами воспламенения [2].

Исходя их графика зависимости времени пуска двигателя Д-243 от температуры окружающей среды, который показан на рисунке 2 видно, что без использования легковоспламеняющейся жидкости уверенный пуск возможен до температуры минус 10 градусов, а с использованием легковоспламеняющейся жидкости двигатель можно запускать до минус 20 градусов

В связи с этим можно уверенно говорить о том, что благодаря использованию легковоспламеняющейся жидкости, которая впрыскивается при помощи специального устройства в цилиндры двигателя значительно повысилась эффективность процесса пуска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сырбаков, А. П. Совершенствование пусковых характеристик дизельных двигателей в условиях отрицательных температур / А. П. Сырбаков, С. П. Матяш, Н. Н. Бережнов // Актуальные вопросы инженерно-технического и технологического обеспечения АПК: Материалы IX Национальной научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 23–24 сентября 2021 года. – Молодёжный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2021. – С. 29-36.

2. Сырбаков, А. П. Улучшение пусковых характеристик дизельного двигателя в условиях отрицательных температур / А. П. Сырбаков // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы": Материалы IV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 25 июня 2020 года. – Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 27-31.

УДК 621.83.061.1

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОТОР-РЕДУКТОРА С ЦИКЛОИДАЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДЛЯ ПРИВОДНОЙ ТЕХНИКИ

А.В. Проскоков, канд. техн. наук, доцент
Р.А. Асеинов, студент
*Томский политехнический университет (Юргинский технологический институт)*

***Аннотация.*** Показана последовательность моделирования и расчета маломощного редуктора, выполненного в одном корпусе с бесколлекторным мотором. В качестве понижающей передачи использована циклоидально-цевочное зацепление.

***Ключевые слова:*** мотор-редуктор, циклоидально-цевочная передача, бесколлекторный мотор, моделирование

В настоящее время в робототехнике, станкостроении, сельхозмашиностроении, подъемных машинах, цепных конвейерах, экскаваторах, приводах бурового оборудования все чаще используется циклоидальные редукторы. Передача, в которой зацепление осуществляется штифтами и зубьями с циклоидными профилями, называется циклоидой (циклоидальный диск). Главным достоинством передачи является процесс обкатки без трения.

Циклоида — это плоская кривая, описываемая точкой, отстоящей на определенном расстоянии от центра окружности, без скольжения по направляющей в виде прямой линии или окружности.

Направляющая в виде окружности катится по кривой снаружи и называется эпициклоидой.

Схемы нагружения зуба сателлита планетарной передачи с циклоидальными и эвольвентными профилями показаны на рис. 1.

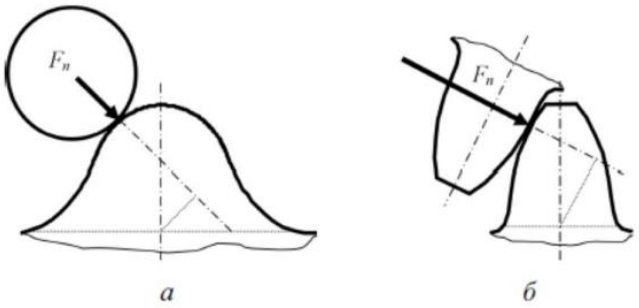



Рис. 1 Схемы радиального нагружения зуба и цевки (штифта).
(а — циклоидального профиля; б — эвольвентного профиля)

На рисунке видно, что нормальная сила в зацеплении Fn и ее плечо относительно опасного сечения ножки зуба циклоидального профиля значительно меньше, чем в том случае, когда зуб имеет эвольвентный профиль. Это объясняется тем, что при цевочном зацеплении число зубьев, одновременно передающих нагрузку, существенно больше, чем при реализации такой же передачи с эвольвентными зубьями.

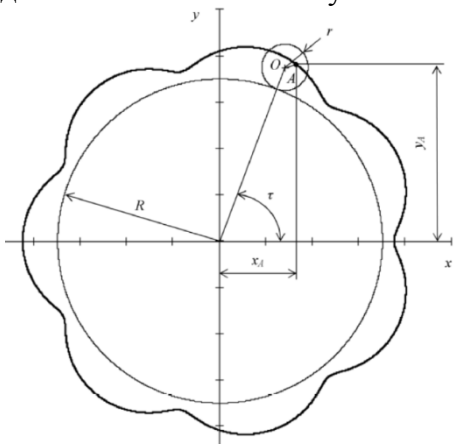



Рис. 2 Эпициклоида.

Параметрический вид уравнения эпициклоиды:

$$x_Э(\tau) = (R + r)cos\,\tau - \lambda \cdot r \cdot \cos\left(\frac{R+r}{r}\tau\right); \quad (1)$$

$$y_Э(\tau) = (R + r)sin\,\tau - \lambda \cdot r \cdot \sin\left(\frac{R+r}{r}\tau\right);$$

где $\tau$ - переменная угла поворота, $\tau$ =0...2$\pi$. Координаты точек кривой получаются путем подстановки соответствующего значения параметра $\tau$ в уравнение (1). Число зубьев колеса с циклоидным профилем равно отношению радиуса: z1=R/R.

В циклоидальной передаче рабочий профиль циклоидального диска получают как огибающую кривую окружностей, центры которых расположены на эпициклоиде (рисунок 2). Радиус этих окружностей соответствует радиусу цевок (штифтов) $r_{ц.}$, а эквидистантная кривая эпициклоиды формирует рабочий профиль циклоидального диска, который отстает от укороченной эпициклоиды на расстояние радиуса цевки. Цевки - штифты, выполненные в виде роликов или втулок на оси с круглым профилем.

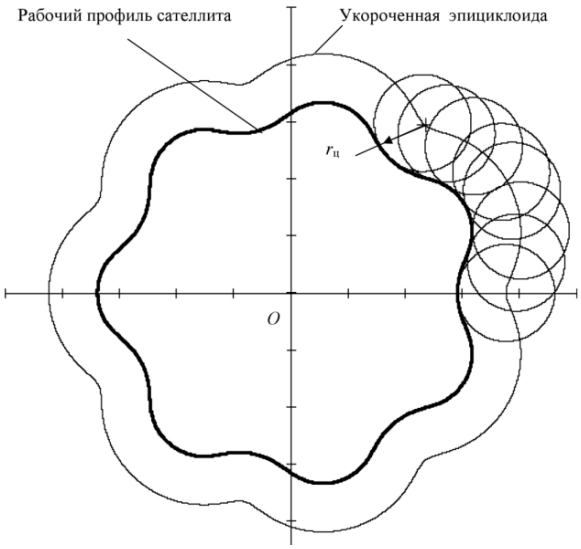


Рис. 2 Рабочий профиль циклоиды.

Уравнения эпициклоиды записываются с учетом, что r = e/λ,
R = z1 r, при числе цевок z2 = z1 + 1:

$$x_Э(\tau) = \frac{ez_2}{\lambda} cos\ \tau - \text{e}\cos(z_2\,\tau); \qquad (2)$$

$$y_Э(\tau) = \frac{ez_2}{\lambda} sin\ \tau - \text{e}\sin(z_2\,\tau);$$

Уравнения рабочего профиля циклоидального имеют вид:

$$x(\tau) = x_Э(\tau)e = r_ц cos(z_2\tau - \varphi(\tau)); \qquad (3)$$

$$y(\tau) = y_Э(\tau)e = r_ц sin(z_2\tau - \varphi(\tau))$$

По формулам (1), представленным выше были построены несколько профилей для разных соотношений коэффициента λ при постоянном наружном диаметре d=80мм

Таким образом, рассчитанный профиль показывает, что при изменении значения параметров радиуса цевочных поверхностей и эксцентрика можно добиться требуемого передаточного отношения. Данный профиль применим для построения редукторов для манипуляторов робототехники.

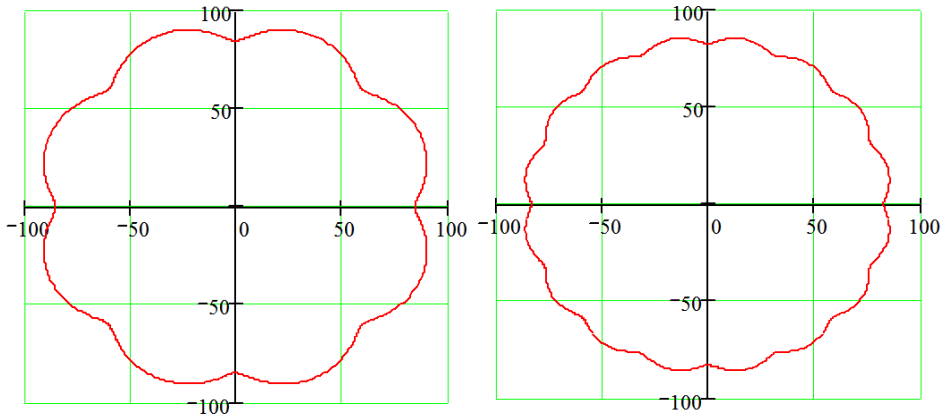


Рис. 3. Форма рассчитанного профиля для условий:
а) r =10мм, e=5мм; б) r=5мм, e = 2

В последнее время в технике стали применять бесколлекторные моторы, имеющие хорошие технические характеристики. В относительно небольших габаритных размерах удается вместить большую мощность и высокие обороты. Для увеличения крутящего момента и снижения оборотов требуется использовать такие моторы совместно с понижающим редуктором. Наиболее предпочтительно сконструировать привод с размещением мотора и редуктора в одном корпусе.




Рис. 4 Бесколлекторный высокооборотистый мотор

В лаборатории робототехники ЮТИ ТПУ сконструирован мотор- редуктор с передаточным числа i=0,06, работающий от постоянного напряжения 36 Вольт и током до 20 А. Данный редуктор представлен на Рис.5

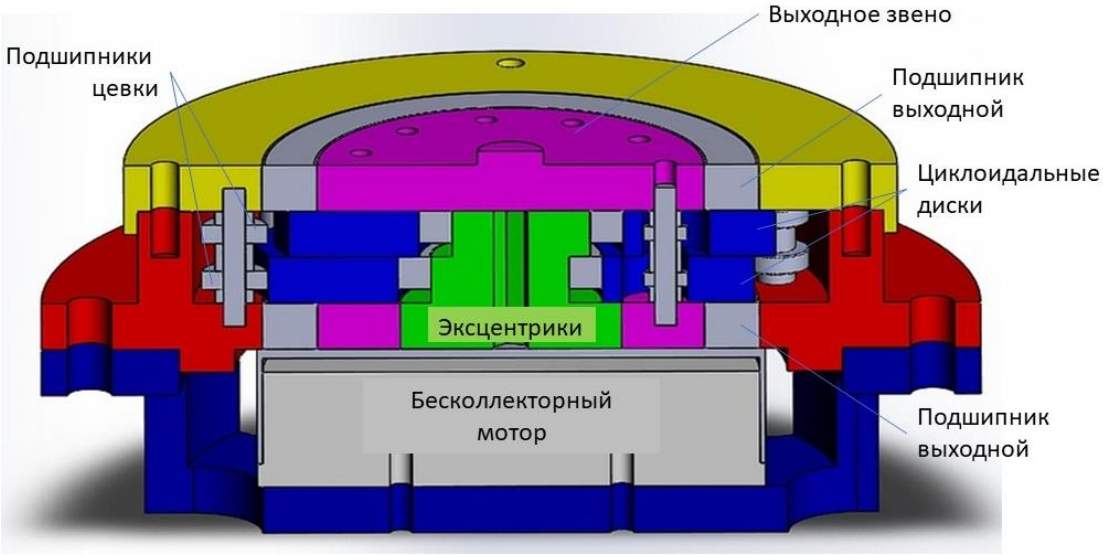



Рис. 4 Общий вид и компоновка мотор-редуктора

Общий принцип работы редуктора следующий. Бесколлекторный электродвигатель нижней статорной частью закреплен за нижнюю площадку корпуса, состоящего из верхней и нижней составных частей. Верхний ротор мотора вращается совместно с установленными в противофазе двумя эксцентриками. Эксцентрики через шариковые подшипники, установленные в центральных отверстиях создают процесс радиального смещения циклоидальных дисков, которые для снижения вибрации в редукторе и повышении передаваемого момента, располагаются в разнонаправленных смещениях.

При воздействии циклоиды дисков в радиальном направлении на цевочные вставки происходит направленное вращение диска в противоположную сторону вращения мотора. За один полный оборот мотора циклоидальный диск поворачивается на угол соответствующий одной впадине. Так как оба диска, при вращении находятся в противофазе, то установленный в специальные отверстия стержень будет воспринимать нагрузку сразу от обоих дисков, что приведет к распределению нагрузки на стержень.

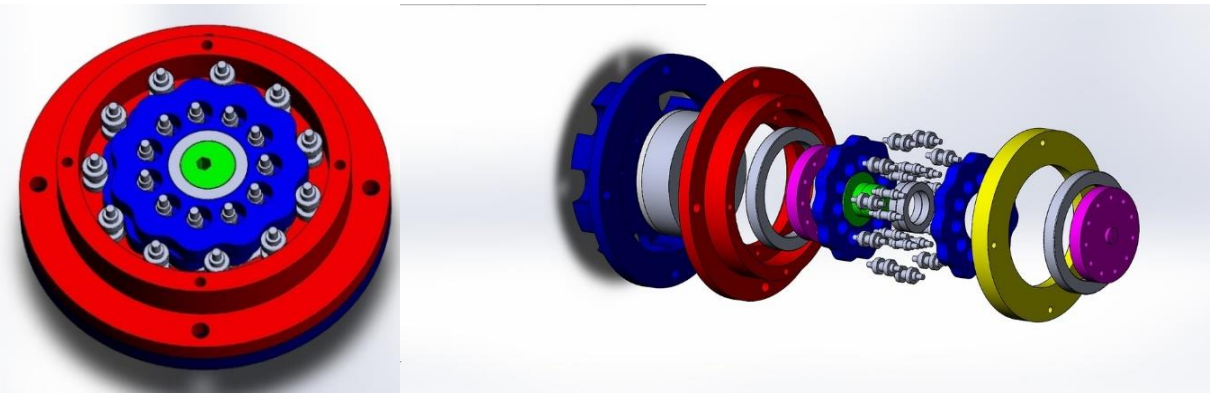


Рис. 5 Вид редуктора без выходного звена и с разнесенными элементами

Сверху циклоидального диска, совместно с выходным подшипником на верхнюю часть корпуса закреплено выходное звено. Это звено вращается за счет установленных в отверстия дисков штифтов, которые зафиксирован от перекосов в отверстии нижнего диска выходного звена.

Таким образом, для выбранных условий сконструирован мотор-редуктор, выполненный в одном корпусе с элементами передач, подобраны подшипники для эксцентриков, цевок, отверстий выходного звена, опорных подшипников выходного звена.

Для увеличения передаточного отношения возможно использование нескольких ступеней.

В дальнейшем планируется изготовить данный редуктор с помощью 3Д печати деталей из пластика, произвести нагрузочные испытания и изготовить данный мотор редуктор из конструкционных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермолаев, М.М. Расчет планетарно-цевочных редукторов : учеб. пособие / А.В. Чиркин; М.М. Ермолаев .— Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020 .— 65 с.

2. Фомин М.В. Планетарно-цевочные передачи. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 64 с.

УДК 625.174

## НЕОБХОДИМОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПУТЕЙ ОТ СНЕГА МАШИНАМИ ТИПА СМ И ПСС

М.А. Семенов, инженер НИЛ «ТТМ и РПС»[1]
Т.В. Семенова, старший преподаваьель[2]
[1]*Сибирский государственный университет путей сообщения*
[2]*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной статье дано научное обоснование необходимости совершенствования организации процесса очистки путей от снега машинами типа СМ и ПСС на примере предприятия Новосибирской механизированной дистанции инфраструктуры Западно-Сибирской железной дороги. Необходимость в пересмотре организации рабочего процесса снегоуборочной техники возникла в связи с принятием холдингом ОАО «РЖД» Стратегии научно-технологического и инновационного развития, в которой обозначена потребность в экономии средств, в кратном повышении производительности труда и внедрении автоматизированного мониторинга во все этапы производственных процессов. Автором выявлены причины неэффективной работы снегоуборочной техники, обоснована

необходимость перехода к новому нормативу, дано математическое обоснование зависимости между длиной очищенных путей, объемом убранного снега, временем рабочего режима и высотой снежного покрова, что может являться основанием для принятия в качестве нового норматива длины очищенных от снега путей. Проверка предложенной математической модели расчета длины убираемых путей за год подтвердила правильность выбора параметров математической модели и может быть рекомендована для применения в любом регионе.

***Ключевые слова:*** организация процесса очистки путей от снега, автоматизированный мониторинг, объем убираемого снега, паспортная вместимость снегоуборочной машины, реальная вместимость снегоуборочной машины, нормативные акты, новый норматив выработки, математическое обоснование, длина очищенных путей, математическая модель.

В зимнее время гарантией бесперебойной и безопасной работы железнодорожного транспорта и выполнения срока перевозок является оперативная очистка путей от снега. В соответствии с принятой на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года Стратегией научно-технологического и инновационного развития холдинга «РЖД» обозначены новые методы организации производства, базирующиеся на автоматизированном мониторинге всех этапов производственных процессов, в том числе и процесса очистки снега. Внедрение автоматизированного мониторинга в организацию производства должно выявить причины и основания для экономии средств и ресурсов, а также для оптимизации этих процессов.

Наиболее значима эта проблема для Западно-Сибирской железной дороги (ЗСЖД), которая по степени снегозаносимости относится к 1-ой группе, то есть к территориям, на которых в течение зимы наблюдаются снегопады и метели с очень сильной интенсивностью. Оптимизация рабочего процесса снегоуборочных машин типа СМ и ПСС первостепенна, так как парк этих машин на ЗСЖД самый многочисленный, а затраты на их содержание составляют около 72% средств от затрат всего парка снегоуборочных машин. Поэтому задача совершенствования организации производственного процесса очистки путей от снега машинами типа СМ и ПСС с использованием современных технологий, к числу которых принадлежит автоматизированный мониторинг, является актуальной.

Исследования по теме статьи выполнялись на полигоне предприятия Новосибирской механизированной дистанции инфраструктуры (далее - ПЧМ Новосибирск) Западно-Сибирской железной дороги. Период исследования охватил снегоуборочные работы с 2019 по 2021 г. Для этого периода был проведен подробный анализ погодных условий по данным службы мониторинга погоды Западно-Сибирской железной дороги.

В настоящее время для мониторинга работы снегоуборочных машин типа СМ и ПСС все чаще используют программы АСУ СПС и АСУ КРСПС.

АСУ СПС - автоматизированная система управления процессами эксплуатации и обслуживания специального подвижного состава (СПС) - является частью комплекса и отвечает за автоматизацию рабочих процессов на линейных предприятиях с использованием первичных данных.

АС КРСПС - автоматизированная система контроля над работой СПС - предназначена для контроля и регистрации технологических характеристик СПС [1].

В качестве реального примера использования программного обеспечения АС КРСПС и АСУ СПС была проанализирована транспортно-технологическая база уборки снега Новосибирской механизированной дистанции инфраструктуры.

Рассмотрим особенности процесса уборки снега на примере ПЧМ Новосибирск.

Распоряжение ОАО «РЖД» от 22.10.2013 № 2243р регламентирует количество рейсов на выгрузку и объем убираемого снега за один рейс [2]. Работа систем мониторинга АСУ СПС и АС КРСПС исследовалась на примере девяти машин типа СМ всех модификаций и одной машины ПСС-1К.

В результате исследования выявлено, что в анализируемом парке при использовании АС КРСПС, то есть, исключив человеческий фактор в процессе передачи данных, расхождение в наработке, учитываемой в $м^3$, с программой АСУ СПС на одну машину

составляет в среднем от 4 до 5 раз. Корреляционная связь между длиной очищаемых путей и объемом убранного снега средняя, а между длиной очищаемых путей и временем работы сильная, так как более $r_{xy} > 0{,}7$.

Анализ конструкции полувагона показал, что $V_{\text{п}}$ = 340 м$^3$ - паспортная вместимость снегоуборочной машины из двух полувагонов и концевого вагона, учитываемая в АСУ СПС, существенно завышена, так как вместимость полувагона определяется разницей высот загружающего транспортера и транспортера полувагона. Тогда реальная вместимость снегоуборочной машины равна 234 м$^3$, а при максимальном коэффициенте заполнения 0,75 её вместимость составляет 176 м$^3$. Анализ показателей системы АС КРСПС подтверждает эти расчеты, в то время как машинисты, независимо от наполняемости вагонов, показывают в журналах учета нормативные кубы [3].

Многочисленные замеры объема загружаемого в вагоны снега подтвердили показания АС КРСПС. Расхождения объема снега в вагонах, измеренного вручную и фиксированного показаниями системы, составили не более 6 %, поэтому показатели АС КРСПС в дальнейшем будут приниматься как достоверные.

Анализ нормативных актов, применяемых в ОАО «РЖД», выявил отсутствие инструментов планирования работ, позволяющих руководителям подразделений принимать обоснованные управленческие решения для оперативной очистки путей от снега, исходя из их протяженности и прогноза метеоусловий. Новый норматив выработки, основанный на длине очищаемых путей и величине снежного покрова, позволит планировать работы по их очистке, при минимальном времени согласования маршрута следования и занятия путей.

Математическое обоснование зависимости между длиной очищенных путей $L_{\text{год}}$; объемом убранного снега $V_c$; временем рабочего режима $t_{\text{рр}}$; высотой снежного покрова $h$ и температурой окружающего воздуха $t_{\text{ов}}$ определяется линейным уравнением множественной регрессии:

$$L_{\text{год}} = a + b_1 V_c + b_2 t_{\text{рр}} + b_3 h + b_4 t_{\text{ов}} \quad (1)$$

где $a$ - коэффициент, показывающий какая часть очищенного пути не зависит от учета дополнительных факторов; $b_1, b_2, b_3, b_4$ – коэффициенты, показывающие во сколько раз увеличивается длина очищенных путей при увеличении дополнительных факторов на 1 единицу (м$^3$, час, м, ℃).

Коэффициент множественной детерминации $R^2_{L_{\text{год}} V_c t_{\text{рр}} h t_{\text{ов}}}$ оценивает, какая часть дисперсии результативной переменной $L_{\text{год}}$ учтена включенными в анализ факторными признаками [4, 5].

$$R^2_{L_{\text{год}} V_c t_{\text{рр}} h t_{\text{ов}}} = r_{L_{\text{год}} V_c t_{\text{рр}} h t_{\text{ов}}} \beta_{L_{\text{год}} V_c t_{\text{рр}} h t_{\text{ов}}} = 0{,}939 \to 1 \quad (2)$$

Вклад каждой объясняющей переменной определяется *коэффициентом раздельной детерминации.*

Расчеты показывают, что на длину очищаемых путей наибольшее влияние оказывает факторный признак 2 - время работы машины в рабочем режиме - почти 88%, а всего 1,6% влияния оказывает признак 3 - количество выпавшего снега.

Уравнение расчета длины очищаемых путей на год (3), учитывающее объем убранного снега, время рабочего режима, высоту убранного снега, температуру окружающего воздуха примет вид:

$$L_{\text{год}} = 308925{,}09 + 9{,}94 V_{\text{с}} + 426{,}53 t_{\text{рр}} - 8644597{,}83 h + 3911{,}73 t_{\text{ов}} \quad (3)$$

В математической статистике рекомендуется использовать не более трех факторных признаков, так как их увеличение ведет к увеличению погрешности расчетов. Учитывая, что влияние температуры на длину очищенных путей составляет всего 1,2%, целесообразно его исключить

*После исключения данной переменной из расчета уравнение (3) приобретет универсальность и может быть применено в любом регионе:*

$$L_{\text{год}} = 276110 + 9{,}81 V_{\text{с}} + 452{,}66 t_{\text{рр}} - 9001365{,}32 h. \quad (4)$$

Для краткосрочного планирования работы машины не менее 12 часов, т.е. длительности смены и определения эффективности выполняемых работ за смену, определено уравнение:

$$L_{\text{смена}} = 3005{,}3 + 11{,}54V_{\text{с}} + 139{,}57t_{\text{рр}} - 87950{,}27h. \quad (5)$$

Таким образом, разработана математическая модель расчета длины убираемых путей за год и смену, учитывающая объем убранного снега, время рабочего режима, количество выпавшего снега.

Проверка аналитической формулы (4) для определения длины очищенных от снега путей $L_{\text{год}}$ подтвердила правильность выбора параметров математической модели, таблица 1 [6].

*Таблица 1*

Сравнение теоретических и экспериментальных результатов

| № | Машины | Фактическая длина очищенных путей ($L_{\text{год}}$), м | Теоретическая длина очищенных путей ($L_{\text{год}_{\text{теор}}}$), м | Абсолютная погрешность, ($\Delta L_{\text{год}}$), м | Относительная погрешность ($E$), % |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | СМ-2 № 1026 | 409379 | 414420 | 5040,969 | 1,2 |
| 2 | СМ-2 № 1801 | 469139 | 468294,3 | -844,683 | 0,2 |
| 3 | СМ-2 № 1026 | 562040 | 519193,9 | -42846,1 | 7,6 |
| 4 | СМ-2 № 1801 | 484018 | 531713,7 | 47695,75 | 9,9 |
| 5 | СМ-2М № 1825 | 318822 | 296958,9 | -21863,1 | 6,9 |
| 6 | СМ-7 № 1862 | 340217 | 334805 | -5412,04 | 1,6 |
| 7 | СМ-2М № 1825 | 804917 | 783938,2 | -20978,8 | 2,6 |
| 8 | СМ-2 № 1810 | 646593 | 681947 | 35354,03 | 5,5 |
| 9 | СМ-2 № 1608 | 507895 | 551438,8 | 43543,75 | 8,6 |
| 10 | СМ-2 № 1608 | 332564 | 322677,6 | -9886,39 | 3,0 |
| В среднем | | 487558,4 | 490538,7 | - | 4,71 |

Приведенный анализ свидетельствует, что объем убираемого снега слабо поддаётся планированию. Применение показаний АС КРСПС в отчетности объема убранного снега при существующих нормативах, не имеющих связи с наработкой машин, ведет к увеличению периодов между техническими обслуживаниями. Объем убранного снега должен стать косвенной величиной, характеризующей обоснованность (необоснованность) применения техники. В качестве нового норматива выработки предложено использовать длину очищаемых путей.

В ходе проведенных исследований были получены следующие результаты:

1. Проведен анализ организационных, технологических решений процесса очистки путей от снега машинами типа СМ и ПСС и нормативных актов. Выявлены недостатки в существующих подходах и инструментах его планирования и в определении эффективности использования техники.

2. Разработана математическая модель процесса очистки путей от снега машинами типа СМ и ПСС, включающая объем убранного снега, длину очищенных путей, время рабочего режима, учитывающая степень влияния каждого фактора на эффективность использования машин. Модель дает возможность обосновать параметры норматива наработки, основанного на длине очищенных путей.

Перспективой дальнейших исследований является практическое внедрение новых нормативов и отладка процесса принятия оперативных и стратегических управленческих решений посредством использования созданной математической модели, и программного обеспечения АС КРСПС, что позволит усовершенствовать методику планирования и оптимизировать затраты на работу снегоуборочной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная система контроля за работой специального подвижного состава (АС КРСПС). Руководство пользователя 01124323.46711. 003.ИЗ. - М., 2021.

2. Инструкция по подготовке к работе в зимний период и организации снегоборьбы на железных дорогах, в других филиалах и структурных подразделениях ОАО «РЖД», а также его дочерних и зависимых обществах: утв. распоряжением ОАО «РЖД» 22.10.2013 № 2243р. – 2012.

3. Абрамов А.Д., Семенов М.А., Кочетков А.С. Оптимизация рабочего процесса снегоуборочной техники на основе автоматизированного мониторинга // Путь и путевое хозяйство. 2021. № 4. С. 37–40.

4. Статистика: Учебник / И.И. Елисеева, И.И. Егорова и др.; под ред. проф. И.И. Елисеевой. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2003. – 448 с.

5. Гласс Дж., Стэнли Дж. Статистические методы в педагогике и психологии. М.: «Прогресс», 1976. 495 с.

6. Аксянова А.В. Теория и практика статистики / А.В. Аксянова, Н. Н. Валеев, Ас. М. Гумеров [и др.]. – М.: КолосС, 2008. – 284 с.

УДК 629.113

# СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ДИЗЕЛЯ К ПУСКУ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

К.В. Сидельников[1], С.П. Матяш[1], А.А. Сырбаков[2],
[1] *Новосибирский государственный аграрный университет*
[2] *Новосибирский государственный технический университет*

***Аннотация.*** В данной статье рассматривается проблема пуска и послепускового прогрева дизельного двигателя в условиях отрицательных температур. Дана оценка автономных устройств для предпускового разогрева дизельного двигателя е. Предложено техническое решение, для локального предпускового разогрева системы топливоподачи в линии высокого давления и воздушного заряда во впускном коллекторе мотора, что позволит повысить вероятность пуска дизеля, путем создания благоприятных условий для воспламенения топливовоздушной смеси в цилиндрах двигателя.

***Ключевые слова*:** дизельный двигатель, отрицательные температуры, предпусковой разогрев топлива, подогрев воздушного заряда, пуск дизеля.

Повышение эффективности использования техники с дизельными двигателями в регионах с низкими температурами являются актуальными на территории Росссийской Федерации в частности. Одна из основных сложностей эксплуатации дизельных двигателей в условиях отрицательных температур является процесс пуска и послепускового прогрева дизеля [1, 6].

Основная проблема, при пуске дизеля, заключается в процессе воспламенения топливно-воздушной смеси в цилиндрах холодного двигателя, т.е. создание благоприятных условий для самовоспламенения поданного в цилиндр форсункой дизельного топлива. Так же хотелось отметить, что работа двигателя в послепусковой период характеризуется большой неполнотой сгорания топлива, интенсивным износом деталей цилиндро-поршневой группы, существенным увеличением вредных выбросов в атмосферу и, как следствие, большим расходом топлива [5, 4]. В настоящее время существующая проблема решается путем организации круглосуточной работы машин, хранения машин в межсменный период в отапливаемых помещениях, оборудования специализированных стоянок на открытых

площадках с использованием энергии от других источников, применения автономных подогревателей и накопителей энергии.

Вышеперечисленные способы прогрева моторной установки, несмотря на положительный эффект, имеют и ряд существенных недостатков [2]:

- большие затраты энергии на поддержание оптимального теплового режима, при котором гарантируется надежная работа двигателя;
- большие капитальные вложения;
- значительные потери времени на прогрев;
- повышенный расход топлива;
- загрязнение окружающей среды вредными выбросами в период послепускового прогрева.

Очевидно, что предпочтение нужно отдавать тем способам, которые способствуют качественному процессу сгорания дизельного топлива в период пуска и послепускового прогрева двигателя.

Известно, что современные дизельные двигатели имеют мощную пусковую систему, а в системах смазки применяются высококачественные масла с высокими показателями индекса вязкости, что позволяет поддерживать повышенные пусковые обороты вала двигателя и тем самым увеличивая вероятность пуска дизеля, за счет создания благоприятных условий в камере сгорания для самовоспламенения дизельного топлива.

Самовоспламенение топлива зависит от многих факторов, к основным которым относятся:

Температура воздушного заряда в конце такта сжатия, которая в большинстве зависит от температуры воздуха в коллекторе двигателя, компрессии ДВС, технического состояния ЦПГ и ГРМ, а также пусковой частоты вращения вала двигателя [3].

Технически исправным состоянием топливоподающей системы дизеля.

Температурой подаваемого форсункой топлива в цилиндры двигателя, что определяет качественные показатели распыла дизельного топлива.

Предельная температура «холодного» дизельного двигателя, в технически исправном состоянии как правило ограничивается значением окружающей средой в -15… -20 $^0$C. Поэтому при эксплуатации техники в интервале температур ниже -15 $^0$C, для устойчивого пуска дизеля, необходимо выполнять подготовительные мероприятия по тепловой подготовке моторной установки [6].

В современных условиях, важным показателем при организации мероприятий по тепловой подготовки двигателя к пуску, является критерий «ресурсосбережение». В связи с данным критерием, рекомендуется тепловую подготовку проводить лишь тех локальных зон, которые влияют на эффективные показатели пуска дизельного двигателя (температура воздушного заряда на впуске и температура топлива в форсунке). Очевидно, что затраты энергии в данном случае по сравнению с другими вариантами тепловой подготовки могут быть минимальными.

Предлагается система по тепловой подготовки дизельного двигателя к пуску (рис. 1), состоящая из электрических нагревателей установленных в впускном коллекторе двигателя для нагрева воздушного заряда и накладных нагревателей установленных в линии высокого давления топливоподающей системы дизеля, а также системы контроля и управления состоящая из температурных датчиков и контроллера управления.

С целью экономии электрической энергии и исключения потерь теплоты в окружающую среду поверхность впускного коллектора покрывают теплоизоляционным материалом.

Датчик температуры воздушного заряда, в процессе пуска и прогрева моторной установки, постоянно отслеживает текущую температуру и передает информацию на блок управления, который в свою очередь управляет работой нагревателя. Аналогично осуществляется работа топливного электрического нагревателя.

Пороговое значение температуры воздушного заряда и топлива в линии высокого давления, при которой обеспечивается пуск и стабильная работа дизельного двигателя в условиях отрицательных температур, определяют экспериментальным путем для каждой марки двигателя отдельно и заносят в память блока управления.

В период послепускового прогрева повышается температура охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя от температуры окружающей среды до оптимального значения, что вызывает соответствующее повышение температуры топлива в топливном канале форсунки. Температура топлива в форсунке контролируется датчиком. Если температура топлива становится выше указанных пределов, то интенсивность подогрева топлива снижают. При достижении температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя 80°С и более подогреватель топлива отключается.

В процессе проектирования рассматриваемого устройства, предъявляются требования и условия для применяемого измерительного оборудования. Датчики температуры окружающего воздуха, температуры топлива в линии высокого давления и температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя могут быть резистивными, полупроводниковыми или генераторными (термопара). Особые требования предъявляются к датчикам температуры топлива, которые должны быть компактными (малогабаритными), надежными и малоинерционными. Подогреватель воздуха может быть открытого типа (в виде спирали) или закрытого (ТЭН).

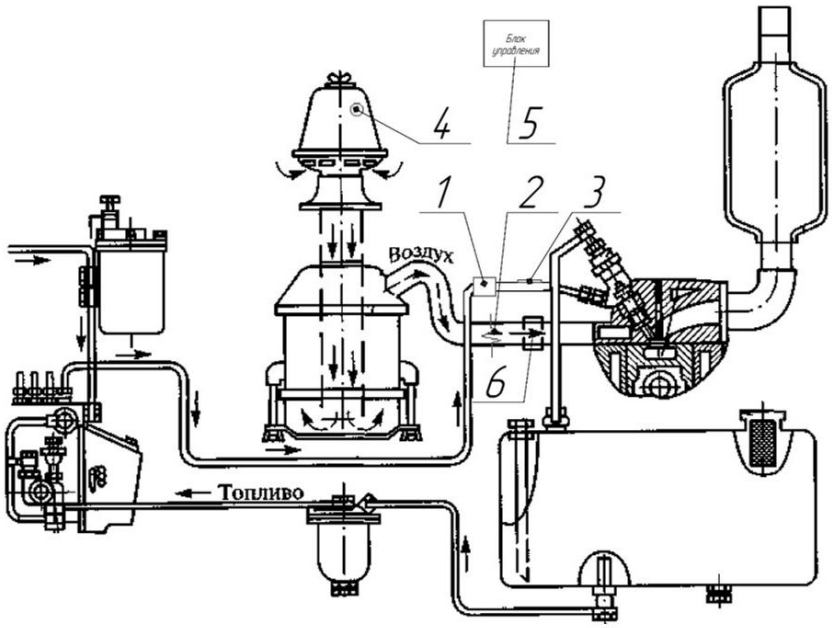



Рисунок 1 – Схема системы для предпусковой подготовки дизельного двигателя:
1 – накладной подогреватель дизельного топлива в линии высокого давления; 2 - подогреватель воздуха во впускном коллекторе; 3 - датчик температуры топлива; 4 - датчик температуры окружающего воздуха; 5 - блок управления; 6 - датчик температуры воздушного заряда в коллекторе двигателя

Устройство работает следующим образом. Сигналы с датчика температуры окружающего воздуха и датчика температуры охлаждающей жидкости двигателя поступают в блок управления и обрабатываются. Блоком управления подается управляющие сигналы на нагревательные элементы, которые обеспечивают необходимые заданные значения.

Перед пуском дизельного двигателя, топливный нагревательный элемент переводится в форсированный режим, который за короткий промежуток времени разогревает топливо в трубках высокого давления до значений 160…180 °С, при этом одновременно подаются управляющие сигналы на электрический нагреватель во впускном коллекторе.

В период послепускового прогрева температура топлива в форсунке поддерживается на оптимальном уровне (95-110°С) с помощь датчика температуры топлива, блока управления и подогревателя топлива.

При достижении температуры охлаждающей жидкости в системе охлаждения двигателя 80°С и более все нагреватели отключаются, и двигатель переходит в базовый режим работы.

Данное техническое решение, позволит повысит эффективность пуска дизельного двигателя в условиях отрицательных температур воздуха, а также повысить эффективность работы моторной установки в период прогрева дизеля, за счет более благоприятных условий для воспламенения дизельного топлива в цилиндрах двигателя.

Выводы:

1. Работа двигателей в условиях низких температур сопровождается вынужденным увеличением времени тепловой подготовки, и повышенными затратами тепловой энергии, что сказывается экономических показателях работы мобильных машин.
2. Современные способы тепловой подготовки двигателей основаны в основном на использовании энергии внешних источников, однако использование внутренних ресурсов моторной установки задействованных на тепловую подготовку, позволит минимизировать затраты энергии на разогрев основных локальных зон системы топливоподачи и тем самым повысить результативность пуска и прогрева дизельного двигателя мобильных машин в зимний период эксплуатации
3. Предложено техническое решение повышающее эффективность пуска дизельного двигателя при низких температурах, путем интенсификации предпускового разогрева воздушного заряда и дизельного топлива в системе топливоподачи двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бережнов, Н. Н. Повышение эффективности прогрева тракторных двигателей / Н. Н. Бережнов, А. П. Сырбаков, М. А. Корчуганова // Сельский механизатор. – 2017. – № 12.

2. Иванов, З. А. Приспособление для быстрого запуска дизельного двигателя в условиях отрицательных температур / З. А. Иванов, Ю. С. Янкин, А. П. Сырбаков // Молодежь, инновации, технологии : Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции, Новосибирск, 23–25 апреля 2019 года / Под редакцией Е.Г. Гуровой, С.В. Макарова. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. – С. 38-39.

3. Оценка температурного режима работы топливоподающей системы дизельных двигателей в условиях низких температур / А. П. Сырбаков, С. В. Речкин, П. М. Бугаев, Н. Н. Бережнов // Безопасность колёсных транспортных средств в условиях эксплуатации : материалы 106-й Международной научно-технической конференции, Иркутск, 23–26 апреля 2019 года. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. – С. 129-134.

4. Пустыльников, С. А. Повышение возможности пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур / С. А. Пустыльников, А. П. Сырбаков, М. А. Корчуганова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 240-242.

5. Сырбаков, А. П. Улучшение пусковых характеристик дизельного двигателя в условиях отрицательных температур / А. П. Сырбаков // Актуальные научно-технические средства и сельскохозяйственные проблемы" : Материалы IV Национальной научно-практической конференции с международным участием, Кемерово, 25 июня 2020 года. – Кемерово: Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. – С. 27-31.

6. Тепловая подготовка дизельных двигателей / А. П. Сырбаков, Н. Н. Бережнов, М. А. Корчуганова, С. П. Матяш // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 8(178). – С. 167-174.

УДК 629.365

# РАЗРАБОТКА ОПОРНОГО КАТКА ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ С ПОНИЖЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОВОРОТУ

В.А. Учеватов, В.Г. Задворнов, Д.С. Агафонов, С.Б. Мельнико
*Новосибирское высшее военное командное училище*

***Аннотация.*** В статье представлено исследование путей увеличения средней скорости движения гусеничной машины. По результатам исследования авторами предложена конструкция опорного катка гусеничной машины с пониженным коэффициентом сопротивления повороту.

***Ключевые слова:*** гусеничная машина; опорный каток; средняя скорость, коэффициент суммарного сопротивления движению.

Одним из основных свойств гусеничных машин (ГМ) является подвижность, которая рассматривается как способность войск к быстрому передвижению до начала операции и в ходе боевых действий. Подвижность характеризуется скоростью передвижения на необходимые расстояния и временем развертывания в боевой порядок, а также снятия с позиций [1].

Быстроходность является одной из важных составляющих подвижности. К быстроходности ГМ предъявляется ряд требований, одним из которых является обеспечение заданной средней скорости движения, зависящей в большей степени от мощностных характеристик двигателя, совершенства трансмиссии и ходовой части ГМ. В различных конкретных условиях движения ГМ имеет определенную максимально возможную по техническим качествам скорость $V_i$. Если данные внешние условия встречаются на общем маршруте длиной $S_i$ с вероятностью $P_{Si} = S_i / S$, то и скорость встречается с этой же вероятностью. Следовательно, при движению по всему многообразию внешних условий совокупность максимально возможных скоростей описывается функцией распределения по пути:

$$F_i(V) = P_S(V \le V_i), \tag{1}$$

где $V$ - текущее значение предельной скорости;

$V_i$ - любое значение скорости как случайной величины.

Учитывая тот факт, что максимальная скорость движения на случайном участке ограничивается характеристиками ходовой части и эргономическими возможностями машины, увеличения средней скорости движения можно добиться путем улучшения разгона и торможения. При совершении маршей в составе колонн, чем меньше время, за которое ГМ разгонится до требуемой скорости и меньше путь торможения, тем выше скорость движения колонны.

Разгон ГМ описывается уравнением движения ГМ [1]:

$$\ddot{x} = \frac{1}{\delta m}\left(\frac{M_Д u_{тр}}{r_{в.к.}}\eta_{тр} - f_c G - f_{г.д.} G\right), \tag{1.1}$$

где $\ddot{x}$ - ускорение ГМ;

$\delta$ - коэффициент приращения массы танка;

$m$ - масса танка;

$M_Д$ - крутящий момент двигателя;

$u_{тр}$ - передаточное число трансмиссии;

$r_{в.к.}$ - радиус ведущего колеса;

$G$ - сила тяжести (вес) танка;

$f_c$ - коэффициент суммарного сопротивления движению;

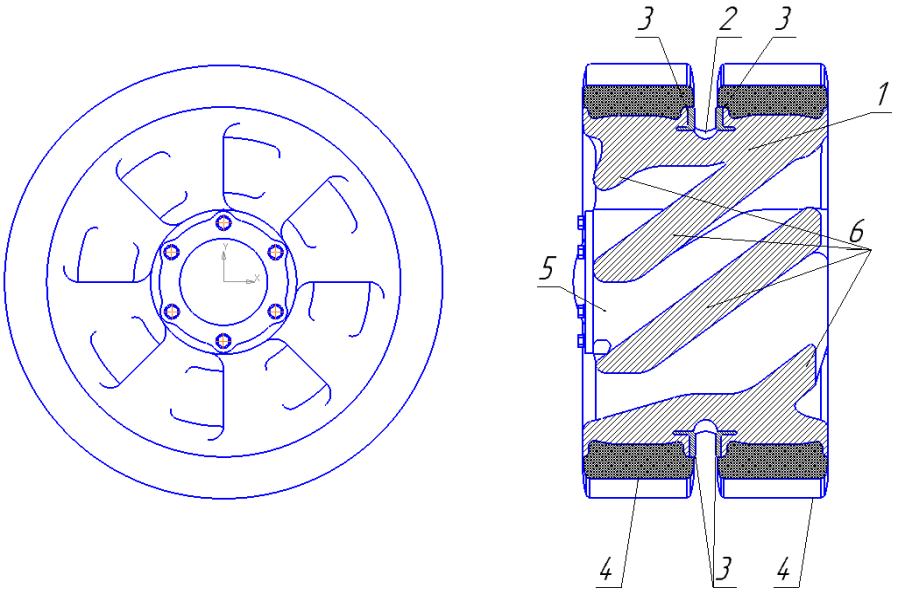
$f_{г.д.}$ - коэффициент потерь в гусеничном движителе, видно, что приемистость ГМ напрямую зависит от приемистости двигателя.

Из уравнения видно, что на разгон ГМ наибольшее влияние оказывают мощностные характеристики двигателя, совершенство трансмиссии и ходовой части. Наряду с этим отрицательное влияние оказывает коэффициент суммарного сопротивления движению.

Длительное строго прямолинейное движение ГМ на местности является маловероятным. Случайное или самопроизвольное отклонение от курса происходит из-за разного буксования левой и правой гусеницы, а также сдающих элементов их привода, несовпадения проходимых гусеницами расстояний [2]. Движущаяся ГМ под влиянием внешних и внутренних сил постоянно находится в состоянии поворота. Криволинейное движение ГМ сопряжено с преодолением дополнительных составляющих сопротивления движению, обусловленных поперечными и вращающими перемещениями траков и опорных ветвей гусениц при повороте. При предельно малых относительных радиусах поворота гусеничной машины (разворот на месте) возникает дополнительное сопротивление повороту, вызванное нагромождением грунта на боковую поверхность опорного катка.

С целью снижения коэффициента сопротивления повороту была разработана модель опорного катка ГМ с пониженным коэффициентом сопротивления повороту [3]. Анализ конструкций опорных катков [4, 5] позволил выявить конструктивные недостатки, способствующие увеличению коэффициента сопротивления повороту, который возникает от нагромождения грунта на опорный каток ГМ при развороте на месте. В связи с чем происходит увеличение нагрузки на противоположном гусеничном движителе, совершающем движение, также увеличивается коэффициент суммарного сопротивления движению, что приводит к увеличению времени совершения маневра и, как следствие, к ухудшению подвижности ГМ.

Технический результат разработанной модели опорного катка достигается тем, что в опорном катке ГМ единый обод, разделенный по центру на два полуобода проточкой соединен со ступицей опорного катка с помощью восьми диагонально расположенных по отношению к продольному сечению катка стенками. Общее устройство опорного катка представлено на рис. 1.




1 - единый обод, 2 - проточка обода, 3 - реборды, 4 - резиновые шины,
5 - ступица опорного катка, 6 - диагонально расположенные стенки
Рисунок 1 – Устройство опорного катка

При развороте на месте ГМ налево левый гусеничный движитель затормаживается, правый продолжает движение, при этом происходит нагромождение грунта на левые передние опорные катки с левой стороны и на левые задние опорные катки с правой стороны. Ввиду диагонального расположения стенок, между которыми имеется расстояние, грунт проходит вокруг стенок, не затрудняя движение опорного катка. При развороте на месте военной гусеничной машины направо правый гусеничный движитель затормаживается, а левый продолжает движение, при этом происходит нагромождение грунта на правые передние опорные катки с правой стороны и на правые задние опорные катки с левой стороны. Ввиду диагонального расположения стенок, между которыми имеется расстояние, грунт аналогичным образом проходит вокруг стенок, не затрудняя движение опорного катка. На рис. 2 показано рациональное расположение стенок опорных катков при установке опорных катков на ГМ для большего снижения коэффициента сопротивления повороту при движении.

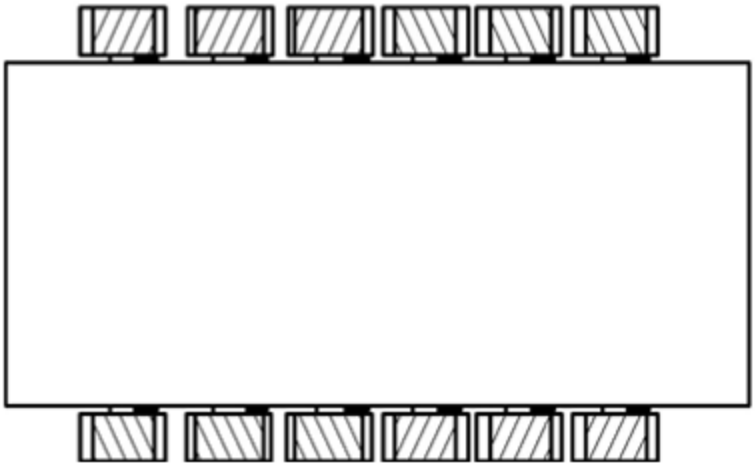


Рисунок 2 – Расположение стенок опорных катков
при установке опорных катков на ГМ

При выходе военной гусеничной ГМ из поворота на более высоких скоростях под действием центробежных сил грунт, оставшийся между стенками опорного катка, будет стремиться покинуть опорный каток.

Таким образом, в ходе проведенного исследования были определены факторы, влияющие на среднюю скорость движения ГМ, а также разработана модель опорного катка ГМ со сниженным коэффициентом сопротивления повороту при развороте ГМ на месте. Применение опорного катка предложенной конструкции позволит снизить потери эффективной мощности в гусеничном движителе ГМ и, как следствие, позволит увеличить среднюю скорость движения ГМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чобиток В.А. Теория движения танков и БМП. – М.: Воениздат, 1984. – 264 с.
2. Сергеев, Л. В. Теория танка / Л. В. Сергеев. – М: Изд-во Академии БТВ, 1973. – 497 с.
3. Патент 212626 РФ, МПК B62D 55/14 Опорный каток военной гусеничной машины [Текст] / Задворнов В.Г. и др.; заявитель и патентообладатель ФГКВОУ ВО «НВВКУ» МО РФ. – 2022110521; заявл. 18.04.2022; опубл. 01.08.2022, Бюл. № 22.
4. Патент SU461015A1 СССР, МПК B62D 55/14 Опорный каток гусеничного движителя [Текст] / Олейников Н.Г. и др.; заявитель и патентообладатель предприятие п/я Г-4385. – 1900465; заявл. 30.03.1973; опубл. 25.02.1975.
5. Патент 2669185C2 РФ, МПК B62D 55/14 Опорный каток [Текст] / Хоб П.. и др.; заявитель и патентообладатель ХАТЧИНСОН СА. – 2016137178; заявл. 30.03.2015; опубл. 09.10.2018, Бюл. № 28.

УДК 691.33, 624.131

## КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ОТКОСОВ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЯЖУЩИМИ С НАНОДОБАВКАМИ

Р.А. Чесноков, аспирант[1]
А.П. Пичугин, д-р техн. наук, профессор[1]
А.Д. Пивкина, В.С. Тамарова, Д.А. Ларина[2]
*[1]Новосибирский государственный аграрный университет*
*[2]Новосибирский государственный архитектурно-строительный Университет*

***Аннотация.*** В Западносибирской низменности преобладают пылеватые суглинки, что усложняет возведение и эксплуатацию откосов транспортных сооружений ввиду постоянного капиллярного и миграционного подсоса влаги. В статье показаны пути преодоления этих негативных явлений за счет создания агрегата для укрепления грунтовых откосов путем комплексного использования минеральных вяжущих и наноразмерных добавок.

***Ключевые слова:*** методы укрепления грунта, кротователи, устройство для укрепления грунта. наноразмерные добавки, растворы кремнезоля

Основной сложностью при возведении и реконструкции дорог являются гидрогеологические условия производства работ в условиях повышенного уровня грунтовых вод практически по всей Западносибирской низменности. Пылеватые суглинки, преобладающие в этих экономических районах, являются просадочными грунтами, что особенно опасно в условиях болотистых и приозерных мест, за счет капиллярного и миграционного подсоса влаги. Характерны неоднородности и нестабильности физико-географических факторов, выражающихся в гидрогеологических условиях и различиях по массе снегового покрова от 5 (1-й район снеговых нагрузок) до 25 МПа (5-й район) и по

скоростному напору ветра от 2,7 (1-й район ветровых нагрузок) до 10 МПа (4-й район) и даже до 15 МПа. Наблюдаются большие сейсмические воздействия, доходящие до 5-7 баллов [1,2].

К усугубляющим факторам можно отнести также действующую порой устаревшую нормативную базу на проектирование и строительство дорог; низкий уровень проектно-изыскательских работ; слабую заинтересованность подрядных организаций, старающихся максимально снизить цены в ходе тендера на строительство, вместо совершенствования технологий и внедрения новых прогрессивных материалов, что в итоге приводило бы к увеличению межремонтного периода и снижению эксплуатационных расходов.

Производство работ: использование старых малоэффективных технологий и материалов, несоблюдение основного правила производства работ по созданию хорошей адгезии между отдельными конструктивными слоями дорожного покрытия; применение низкосортных материалов, недостаточное уплотнение мест сопряжения с мостовыми переходами, колодцами и другими дорожными конструкциями, что приводит к провалам и разрушениям; использование устаревшего малопроизводительного оборудования, машин и механизмов; сезонность выполнения большинства работ и привлечение малоквалифицированных кадров; неудовлетворительная система финансирования и пр.

С целью нивелировать отрицательные свойства грунтовых откосов транспортных сооружений и береговых припортовых объектов была разработана специальная установка, позволяющая закреплять грунты с углом наклона от 0º до 45º. Установка представляет собой ряд специальных кротователей, расположенных на расстоянии 0,20 м, заглубляемых на глубину от 0,10 до 0,25 м и распределяемую в образовавшиеся полости цементноводного раствора с полимерными и наноразмерными добавками для обеспечения водостойкости и прочности закрепляемых массивов. На рисунке представлены общий вид кротователей и всей установки.



Рисунок 1. Вид установки для закрепления откосов транспортных сооружений

Кроме основного агрегата, оборудованного бункерами с цементом, водой, емкостями для полимерсиликатной композиции и наноразмерных добавок (кремнезоля) установки оснащена растворосмесителем и нагнетательным насосом для подачи закрепляющего раствора в грунтовые полости. Для этого к каждому кротователю подходит трубка с регулирующей форсункой для распыления рекомендуемой композиции в образовавшейся полости в грунте. После прохождения установки вдоль откосов происходит обязательное уплотнение катком, который также установлен в общей конфигурации разработанной установки. Это обеспечивает снижение объема разрыхленной массы грунта и оставляет минимальный размер свободной полости, что способствует минимальному расходу закрепляемой композиции.

Опытное испытание разработанной установки в специальной лаборатории-полигоне позволило оценить все преимущества предлагаемого варианта и отработать дозировку закрепляющей цементоводной композиции с полимерсиликатными и наноразмерными добавками.

Анализ существующих технологических решений по укреплению откосов и сравнение результатов собственных исследований позволяют сделать вывод, что предлагаемый вариант имеет ряд преимуществ и более адаптирован к природным условиям эксплуатации транспортных сооружений в Сибири. По результатам проведенной конструкторской и экспериментальной работы подана заявка на Патент РФ.

Таким образом, использование научно-технического потенциала в области применения наноматериалов в совокупности с традиционными методами укрепления стабилизации глинистых грунтов позволит увеличить устойчивость откосов и припортовых береговых сооружений, что обеспечит эффективность их использования без дополнительных затрат на ремонтные работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пичугин А.П., Язиков И.К. и др. Материалы на основе укрепленных и армированных грунтов в сельском строительстве. Монография/ Новосибирск, НГАУ, 2018. - 120 с.
2. Лазоренко Г.И.. Технологии стабилизации глинистых грунтов с применением наноматериалов. - Р.: РГУПС, 2018. - 14 с.

УДК 631.413

## СЕКЦИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВ НА БАЗЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

Д.А. Яковлев, канд. техн. наук, ст. преп.
В.В Анфимов, студент
*Алтайский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной статье рассмотрена перспектива применения методов кондуктометрии при определении свойств почвы. Проведен анализ существующих методов кондуктометрии. Определен наиболее перспективный метод кондуктометрии для анализа физико-химических свойств почвы в сельском хозяйстве. Предложена секция почвообрабатывающего агрегата, с возможностью непрерывного определения электропроводности почвы, для составления карт почвенного плодородия.

***Ключевые слова:*** мостик Кольрауша, электропроводность, вертикальное электрическое зондирование.

## Введение

Оценка состояния почвенного плодородия, определение загрязнения почв токсичными элементами и химическими соединениями, является одной из актуальных проблем современного земледелия. С внедрением цифровых технологий в сельском хозяйстве достаточно стремительно развивается ниша точного земледелия. Одним из основных направлений которого является дифференцированное внесение семян и удобрений. Для его реализации необходимо создавать карты почвенного плодородия полей, которые в свою очередь строятся на основании снимков полей и данных о плодородии почв. В данном случае внимание уделено определению наиболее значимых физико-химических показателей почв. Существует множество классических методов определения свойств почвы. Но наиболее перспективными по своей трудоемкости являются методы кондуктометрии почвы. В соответствии с этим целью нашего исследования является – разработка метода анализа электропроводности почвы на базе секции почвообрабатывающего агрегата.

В ходе исследования необходимо было решить следующие задачи:

1. Провести анализ наиболее распространенных методов определения электропроводности почвы;
2. Определить наиболее подходящий для нашего случая метод;
3. Разработать измерительную секцию для последующей установки на почвообрабатывающие машины.

## Основная часть

Самым первым методом кондуктометрии является изобретение Кольрауша, его мостик (рис. 1). Он питается переменным током, обычно получаемым от катушки. Так как при этом в цепи проходят переменные токи, то применение гальванометра будет бесполезно и его обыкновенно заменяют слуховой телефонной трубкой. Такой мостик, при чем в качестве неизвестного X включены навстречу друг другу два совершенно одинаковых гальванических элемента. Включение не одного, а двух элементов вызывается тем, что один элемент давал бы в ветви мостика ток, при наличии же двух элементов, включенных навстречу, их электродвижущие силы, как равные (относительно) и противоположно направленные, будут взаимно уравновешиваться. Такое включение особенно необходимо тогда, когда гальванический элемент сильно поляризуется или тогда, когда измеряют внутреннее сопротивление аккумуляторов, которые могут дать очень сильный ток и испортить вводимые в цепь приборы. Данный способ обладает основным преимуществом – внутреннее сопротивление элемента не зависит от его электродвижущей силы [1].

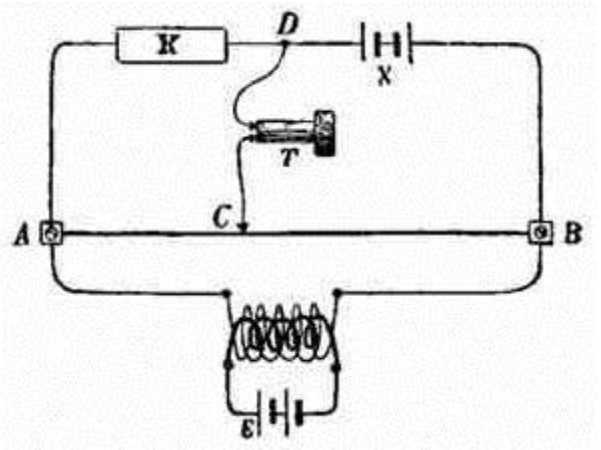



Рисунок 2 – Схема мостика Кольрауша для измерения электропроводности почв [2]

Наиболее простым способом измерения сопротивления является прямой метод вольтамперметра. На образец почвы, имеющий две плоскопараллельные грани, плотно накладываются и прижимаются свинцовые или станиолевые плоские электроды (рис. 2). Последовательно образцу включается источник постоянного питание на 150-200 В и милли-

или микроамперметр с несколькими шунтами для целей варьирования чувствительности. Параллельно образцу включается вольтметр. Также в схеме данного прибора предусмотрена возможность ликвидации влияния поверхностных утечек тока [2].

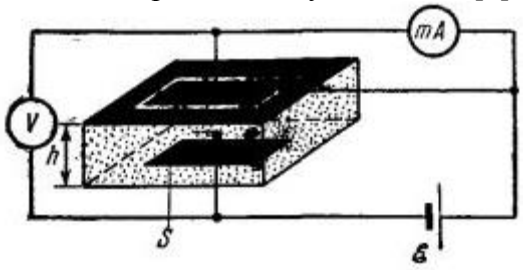
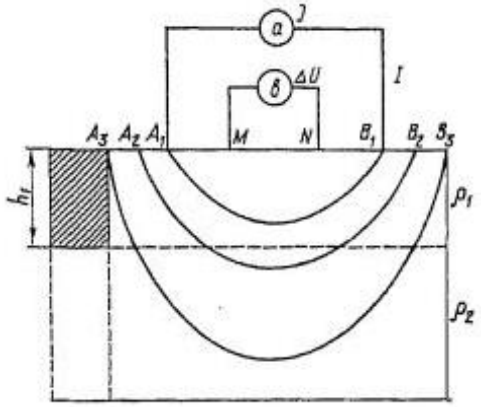



Рисунок 3 – Схема метода вольтамперметра для измерения электропроводности почв [2]

Одним из современных методов измерения электропроводности почвы являются метод Данилова: использование угольных электродов. Они не разрушаются, не корродируют и через три года работы в полевых условиях не демонстрируют заметных изменений. Уголь на концах электродов омедняется, после чего припаиваются подводящие провода и место пайки покрывается водоупорным клеем. Чувствительность метода зависит от толщины слоя стекловолокна (куда помещены угольные электроды): чем он толще, тем при большей влажности начинается переход от постоянства к изменению электросопротивления. Измерения сопротивления производятся мегомметром М-1101. Погрешность прибора $\mp$ 1% от всей длины шкалы. Прибор небольшой по габаритам и поэтому его целесообразно использовать для измерения. Данный метод позволил измерять электропроводность на глубине до 100 см [2].

Метод микровертикального электрического зондирования (МкВЭЗ). При помощи него измеряется сопротивление почвенно-грунтовой толщи по слоям с помощью контактных датчиков-электродов, заземленных на поверхности почвы. Используется четырехполюсная установка электродов – два питающих (А, В) и два приемных (измерительных - М, N) (рис. 3).




1 – Измеритель; а – Амперметр; в – Вольтметр; MN – Измерительные электроды; АВ – Питающие электроды; $h_f$ – Мощность слоя

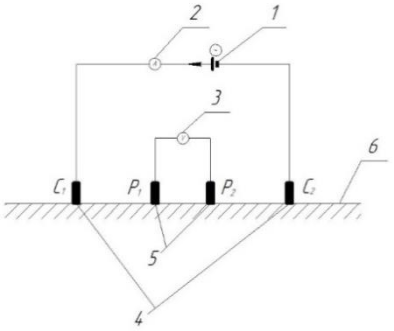
Рисунок 3 – Измерительная схема по методу МкВЭЗ [3]

Четырехэлектродная схема предложена С. Шлюмберже в 1932 году. На электроды А, В от источника подается постоянный или переменный электрический ток I, который измеряют амперметром а. Падение напряжения при прохождении тока через почву измеряют вольтметром b между точками заземления N и M, причем электроды располагаются симметрично по отношению к центру расстояния между АВ, расстояние между MN не должно превышать 1/3 АВ. Глубина заземления около 15 см. Как видно из схемы, чем больше расстояние между А и В, тем глубже проходит ток, а следовательно, изменяется и электропроводность.

Следующим методом является горизонтальное электрическое профилирование (ГЭП) – измерение сопротивления неизменной установкой, перемещаемой линии и обеспечивающей измерение примерно на одинаковой глубине. Данный метода абсолютно похож на метод МкВЭЗ и схема такая же за исключением того, что электроды располагаются не вертикально, а горизонтально.

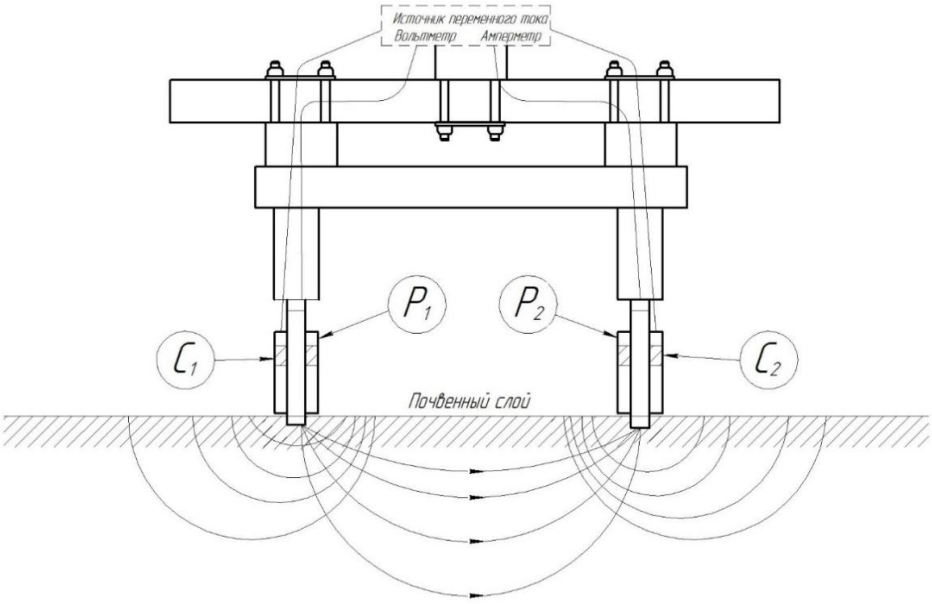
Объединением двух методов МкВЭЗ и ГЭП является послойное электрическое зондирование (ПЭЗ). Оно обеспечивает измерение сопротивления по вертикали и горизонтали. Для этого используют один прибор, работающий по той же схеме, но установка более массивная и четырехэлектродная схема более сложная. Данный метод, с одной стороны, облегчает измерения электропроводности, но сложен по конструкции [3].

Данные методы кондуктометрии предназначены только для измерения электропроводности на малых площадках и в стационарных условиях. Установки необходимо переносить или перевозить с одного места на другое. Поэтому необходимо найти более практичную схему метода кондуктометрии, для реализации её на базе почвообрабатывающих агрегатов. На основании существующей четырёхэлектродной схемы (рис. 4), нами была предложена следующая концепция измерительной секции почвообрабатывающего агрегата [4].




1 – Источник переменного тока; 2 – Амперметр; 3 – Вольтметр; 4 – Токовые электроды; 5 – Потенциальные электроды; 6 – Почва

Рисунок 4 – Четырехэлектродная схема измерения электропроводности почвы




С – Токовые электроды; Р – Потенциальные электроды

Рисунок 5 – Секция для измерения электропроводности почвы

Измерительная секция (рис. 5) включает в себя два токовых электрода $C_1$ и $C_2$ и два потенциальных $P_1$ и $P_2$ (измерительных). Токовые электроды включаются в цепь питания

последовательно с сопротивлением около 100 кОм, поэтому через электроды протекает ток, на величину которого не влияют такие факторы как: изменение сопротивления почвы, поляризация и многие другие. Через потенциальные электроды ток не проходит, но они находятся под потенциалом. К потенциальному электроду подключается вольтметр (V) для измерения напряжения, также в цепи имеется источник питания переменного тока (~) и амперметр (рис. 4).

**Выводы**

Разработанная измерительная секция, устанавливаемая на различного рода посевные и почвообрабатывающие агрегаты, позволит получать точную и оперативную информацию об электропроводности почв. По распространенным данным предыдущих исследователей электропроводность почвы имеет связь с физико-химическими свойствами почвы, такими как её влажность, температура, кислотность и содержание основных элементов питания растений (азот, фосфор и калий). Определяемые свойства почвы, будут полезны при создании карт почвенного плодородия полей, используемых при дифференцированном внесении семян и удобрений в рамках реализации технологий точного земледелия и развития цифровых технологий в сельском хозяйстве нашей страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпов В.А. Электрические измерительные приборы. – Москва – Ленинград: Московское акционерное издательство. – 1927. – С. 100-101.
2. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почв. – М.: Наука. – 1967. – 584 с.
3. Поздняков А.И Выявление и оценка неоднородности и анизотропии почв лесных биогеоценозов полевыми экспресс – методами измерения электрического сопротивления / А.И. Поздняков, А.Ю. Радюкина, А.Д. Поздняков и др. // Лесоведение. – 2008. – № 1. – С. 60-66.
4. Бычкова Т.В. К вопросу расчета удельной электропроводности почв в модели сплошной однородной слабопроводящей среды / Т.В. Бычкова, Г.В. Гурьянов, Д.А. Безика // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №4 (62). – С. 57-63.

# *Современные технологические линии и оборудование для переработки продукции АПК (эксплуатация, обслуживание и ремонт)*

УДК 621.928.93

## ЦИКЛОННЫЙ АППАРАТ В МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.С. Блёскин, аспирант
Е.А. Пшенов, канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Проанализированы основные способы сушки при производстве сухих молочных продуктов. Установлено, что унос части частиц сухих молочных продуктов в выхлопной патрубок циклонов приводит к потерям сырья. Предложено техническое решение по снижению потерь молочного сырья при производстве сухого молока.

***Ключевые слова:*** сухое молоко, циклон, вторичный унос.

Современное производство кисломолочных продуктов в развитом мире невозможно представить без использования сухого молока. Этот молочный продукт ничем не отличается от обычного молока, только молоко, из которого по специальной отведенной технологии удаляется влага. Так сухое молоко добавляют для повышения массовой доли белка, если это предусматривает технология, кефирные продукты в свою очередь могут быть полностью выработаны из сухого молока, также официально разрешено его использование при производстве йогуртов, мороженного, детского питания и т.д.

Если в сухой молочный порошок добавить жидкость, оно возвращается в исходное положение и снова нормализуется, как коровье молоко, но при этом оно имеет ряд преимуществ таких как: не подкисляется; может храниться в течении длительного времени; имеет широкий спектр применения; широко используется в любой пищевой промышленности [1].

При этом для производства питьевого молока категорически запрещается использование сухого молока иначе продукт будет называется «молочный напиток» или «восстановленное» молоко [2].

Одним из крупнейших производств в молочной отрасли является производство сухих молочных продуктов. В процессе данного производства необходимо превратить жидкий продукт в сухой порошок, удалить почти всю воду, количество которой часто превышает количество готового продукта, с сохранением цвета, вкуса, растворимости и полезности цельного молока.

Устройства для производства сухих молочных продуктов, в молочной отрасли, должны быть механизированы и оснащены технологическим производственным оборудованием для переработки молочного сырья в пищевую и техническую продукцию и технологическим оборудованием, таким как машины, изменяющие форму, размеры, сохраняя при этом физико-механические и другие свойства производимой продукции [3].

Производство состоит из следующих этапов:

– Приемка молока и взвешивание;
– Очистка и охлаждение сырья;
– Нагрев и фильтрация молока;
– Процесс пастеризации молока и его нормализация с очисткой;
– Концентрация нормализованного молока;
– Пост-концентрационная гомогенизация;
– Сушка концентрированного молока;

– Охлаждение сухого молока;

– Транспортировка готового продукта и его упаковка;

При этом операции можно разделить на две группы, операции до сушки молока и операции, происходящие после сушки молока.

Наибольший интерес вызывает тепло-массообменное оборудование, связанное с большой энергоемкостью процесса, в частности устройства для сушки продукта.

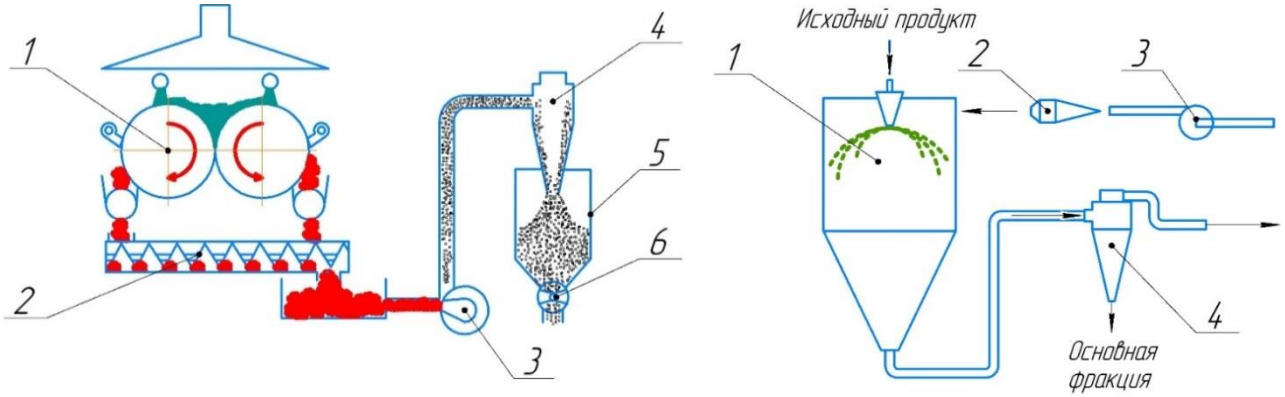
Существует несколько способов сушки концентрированного молока:

– Вальцовая или контактная (пленочная);

– Сублимационная;

– Распылительная воздушная (рис. 1б);

При пленочном методе, сушилка (рис. 1а) представляет собой два вальца, расположенные близко друг к другу, которые обогреваются изнутри паром (130- 150° С) и вращаются в противоположных направлениях. Молоко поступает в промежуток между двумя вальцами и равномерно распределяется по их поверхности. Оно образует пленку, которая удаляется с вальцов ножом, поэтому сушка происходит очень быстро. Образовавшийся водяной пар отсасывается вытяжным вентилятором, расположенным над вальцами [4].




а б

Рисунок 1 – Способы сушки молока;
а– вальцовый способ: 1– сушильные вальцы с тепловым элементом; 2– транспортирующий шнек; 3– вентилятор; 4– циклон; 5– накопительный бункер; 6– шлюзовой затвор; б – метод распыления:
1– сушильная камера; 2– нагреватель воздушной смеси; 3– вентилятор; 4– циклон;

Наибольшее распространение для сушки получил распылительный метод (рис. 1б). Этот метод позволяет значительно интенсифицировать процесс за счет максимального уменьшения размера частиц. В сушилках такого типа происходит распыление жидкого сырья и высушивание его при движении разнонаправленным потоком сушильного агента.

Энергозатраты при сублимационной сушке гораздо выше, принцип её работы основан на заморозке и сухом удалении льда из продукта с помощью вакуума, минуя жидкую фазу, по-простому этот процесс можно назвать «вакуумное вымораживание». Оборудование сложнее в использовании, поэтому данный метод не получил широкого распространения на производствах, хотя продукция, получаемая этим методом, имеет высокое качество.

Таким образом, наибольшее распространение для производства сухих порошкообразных материалов получили методы: распыления и контактный метод. В обоих методах используется аспирационные системы для транспортировки воздушно-продуктовой смеси из устройств для сушки.

Для отделения воздуха от готового продукта в оборудовании используют циклонный аппарат, от эффективности которого зависит потери мелкодисперсного компонента в форме частиц сухого молока. Применяемые в молочной промышленности циклоны не

обеспечивают полной очистки отработанного воздуха, выходящего из распылительной сушильной установки, так согласно требованиям, потери порошка в циклонах не должны превышать 10 мг/м$^3$, поэтому требуется либо повысить эффективность очистки циклона, либо устанавливать дополнительное оборудование в виде рукавных фильтров, что в свою очередь повысит энергозатраты и усложнить конструкцию аспирационной системы и сушильных аппаратов в целом. Поэтому задача повышения эффективности работы циклонных аппаратов является актуальной для молочной промышленности.

Для решения проблем с обратным уносом полидисперсных фракций в выхлопной патрубок циклона, в виде порошкообразного материала предложена конструкция циклона патент РФ № 208117 [7]. Представляющая из себя конструкцию противоточного циклона с тангенциальным подводом воздуха, в котором в нижней части осевого патрубка установлен отбойный конус образующий кольцевой канал, на верхнем торце осевого патрубка закреплен выходной патрубок с уменьшенным диаметром, под ним установлена коническая вихревая воронка в верхней части имеющая диаметр больше, а в нижней части меньше выходного патрубка (рис. 2).

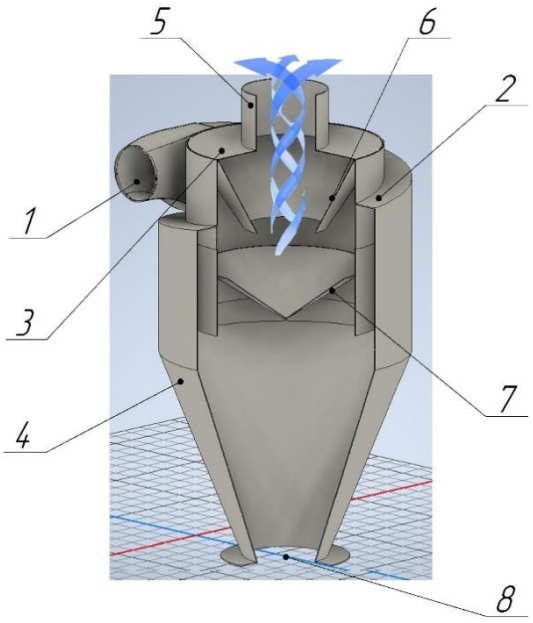



Рисунок 2 – Предлагаемая модель циклона
1– входной патрубок; 2– спиральная улитка; 3– осевой патрубок; 4– коническая часть корпуса; 5– выходной патрубок; 6– коническая вихревая воронка; 7– отбойный конус;8– разгрузочное окно;

Работа циклона осуществляется следующим образом воздушный поток с продуктом попадает через входной патрубок в спиральную улитку за счет разрежения, создаваемого в выходном патрубке за счет вентилятора. В спиральной улитке поток закручивается и направляется в коническую часть корпуса. При закручивании воздушно-продуктового потока возникает центробежная сила, под действием которой более крупные частицы материала перемещаются по винтовой спирали в радиальном направлении вниз и по конической части корпуса и уходят в разгрузочное окно.

Мелкие частицы материала с восходящим потоком газа устремляется вверх и встречаются с отбойным конусом. Двигаясь по его образующей, попадают в кольцевой канал между осевым патрубком и отбойным конусом. Коническая вихревая воронка создает область низкого давления вдоль оси циклона, что приводит к резкому изменению направления потока газа в кольцевом канале, а частицы продукта двигаясь по инерции, касаются внутренней стенки осевого патрубка и выпадают из потока.

Коническая вихревая воронка в верхней своей части имеет больший, а в нижней части меньший диаметр, чем выходной патрубок за счет этого в воронке создается вихрь с

переменной окружной скоростью. Более мелкие частицы продукта, увлекаемые получившимся вихрем, под действием центробежной силы вращаются на большем диаметре, чем выходной патрубок и не выносятся из циклона. Отделенный газ от мелкодисперсных частиц выноситься в выходной патрубок.

Такое решение исключает возникновение вторичных осевых вихрей, поднимающих мельчайшие частицы из нижней конической части циклона, и снижает унос мелкой пыли в выходной патрубок.

При проведении исследований процесса течения воздушного потока внутри циклонного аппарата в программной среде SolidWorks Flow, с наружным диаметром модели циклона 400 мм и входной скоростью воздушного потока равной 18 м/с, вычисленный коэффициент гидравлического сопротивления предлагаемого решения равен 11,49. В свою очередь, коэффициент гидравлического сопротивления данного циклона без внутренних вставок (конусовидного отбойника и вихревой воронки) равен 7,8. Также установлено, что при уменьшении диаметра конусовидного отбойника в 2 раза, коэффициент гидравлического сопротивления так же уменьшается и равен 8,1.

Таким образом, дальнейшие исследования будет направлены на обоснование наиболее оптимальных конструктивно-режимных параметров циклона с двухступенчатой очисткой для различных видов полидисперсных фракций с учетом изменения коэффициента гидравлического сопротивления для определения и обоснования его энергоэффективности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смаилова, А. Т. Производство сухого молока: технологии и оборудования / А. Т. Смаилова, А. М. Алшынова // Инновационные технологии пищевых производств : сборник тезисов докладов IV Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) студентов, аспирантов и молодых ученых, Севастополь, 22–25 декабря 2021 года. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2021. – С. 160-162.

2. Анализ текущего состояния наличия эффективных методов определения сухого молока в молоке и молочной продукции / Ш. М. Велямов, Л. А. Курасова, М. Т. Велямов [и др.] // Новости науки Казахстана. – 2019. – № 2(140). – С. 127-132. – EDN EQCLCN.

3. Оганесянц, Л. А. Мониторинг качества пищевых продуктов - базовый элемент стратегии / Л. А. Оганесянц, С. А. Хуршудян, А. Г. Галстян // Контроль качества продукции. – 2018. – № 4. – С. 56-59.

4. КР-магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.krmagazine.ru/Molochnye_produkty/p2_articleid/3149. – Дата доступа: 29.10.2022.

5. Блескин, С. С. Эксплуатация циклонных пылеуловителей / С. С. Блескин, Е. А. Пшенов // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XI региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 75-летию Инженерного института, Новосибирск, 11–12 ноября 2019 года. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 38-41.

6. Мартемьянов, Д. Б. Оценка эффективности пылеулавливания сухого молока в циклоне с продольными прорезями / Д. Б. Мартемьянов, П. А. Лисин // Омский научный вестник. – 2010. – № 2(90). – С. 53-54.

7. Патент на полезную модель № 208117 U1 Российская Федерация, МПК B04C 9/00, B01D 45/12. Циклон: № 2021106836: заявл. 15.03.2021: опубл. 03.12.2021 / Е. А. Пшенов, А. А. Мезенов, М. Л. Вертей [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Новосибирский государственный аграрный университет".

УДК 621.928.8

# АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА МАГНИТНОГО СЕПАРАТОРА ОТ МАГНИТНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.А.Евдокименко, магистрант
А.А. Мезенов, канд. техн. наук, доцент
В.В Тихоновский, канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Проведен анализ автоматических магнитных сепараторов для очистки зерна от металломагнитных примесей.

***Ключевые слова:*** магниты, классификация магнитов, магнитные сепараторы, магнитный сепаратор автоматический.

Зерноперерабатывающие предприятия работают с большим объёмом зерна, что приводит к интенсивному износу узлов машин появлению задиров и как следствие попадание металлических элементов в целое зерно и в продукты его измельчения. Вследствие чего необходимо проводить сепарирование на наличие металломагнитных примесей. На сегодняшний день магнитные сепараторы массово используемые на зерно перерабатывающих предприятиях очищаются в ручную и это требует остановки линии, что приводит к потерям рабочего времени и производительности предприятия. Решением этой задачи является установка автоматической очистки магнитных сепараторов.

Для правильного подбора магнитных сепараторов необходимо рассмотреть виды примесей. Основными металлическими примесями в сыпучих сельскохозяйственных продуктах (зерне, муке) являются мелкие частицы стали и частицы оксидов железа (ржавчина).

Магнитные примеси поступают в сыпучие продукты, как в начале переработки исходного сырья, так и с поверхностей транспортных магистралей при эксплуатации технологического оборудования [3].

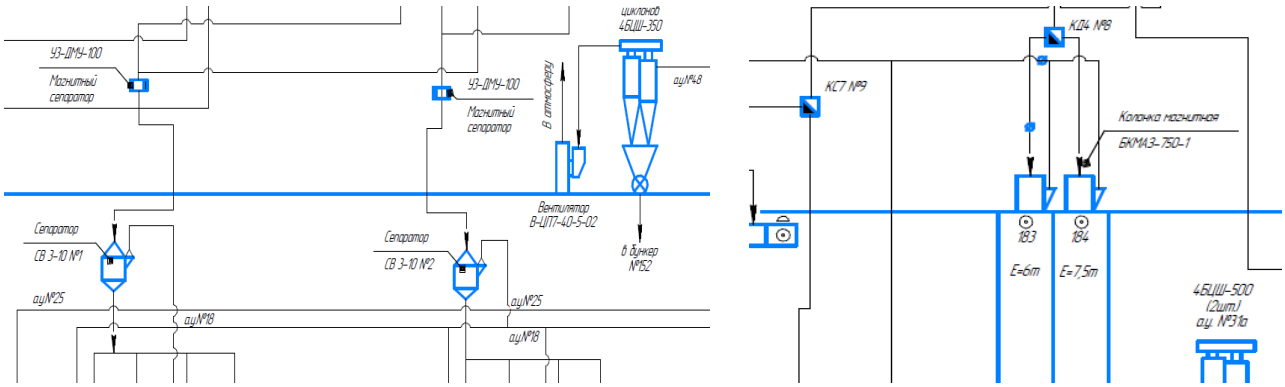
Показатели качества сельскохозяйственных продуктов по фактору ферромагнитных примесей представлены в таблице 1.

*Таблица 1*

Показатели качества ферромагнитных примесей.

| №п/п | Продукты | Содержание металломагнитных примеси, (не более), мг в 1 кг | Примечание |
|---|---|---|---|
| 1. | Мука | 0 | |
| 2. | Комбикорм | 25 | частиц размером до 2 мм включительно, металлических частиц с острыми краями и размером более 2 мм не допускаются. |
| 3. | Жмых подсолнечный | 100 | |
| 4. | Кормовая мука и отруби | 5 | частиц размером не более 2 мм |
| 5. | Травяная мука | 30 | частиц размером не более 2 мм |
| 6. | Зерновая смесь | 30 | частиц размером не более 2 мм |

На примере предприятия ООО «ЕКХП», элеватор перерабатывает 48000 т/сут. Очистка от металломагнитных примесей находиться на шестом этаже рабочей башни перед скальператарами (рис.а), и на третьем этаже рабочей башни перед дробилками (рис.б), через эту машину проходит вся масса зерна. Остановить производство для очистки магнитных сепараторов сложно, чтобы выполнить требования (таб.1) нужно вовремя очищать магниты от металломагнитных примесей, если требования не будут выполнены, соответственно продукт будет не надлежащего качества, что оттолкнёт потенциальных потребителей.



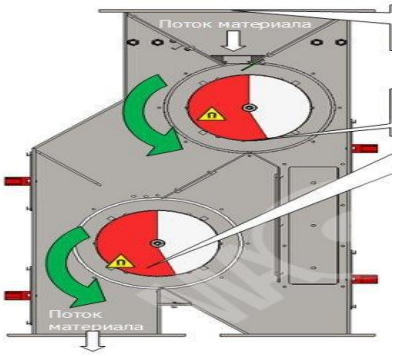
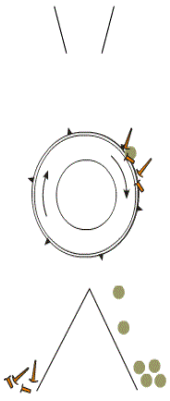

А) Б)

Рисунок – Элементы поточно технологической линии переработки зерна: А – установка магнитов перед сепараторами (скальператарами), Б – установка магнитов перед дробилками.

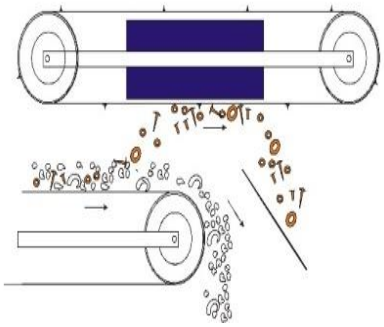
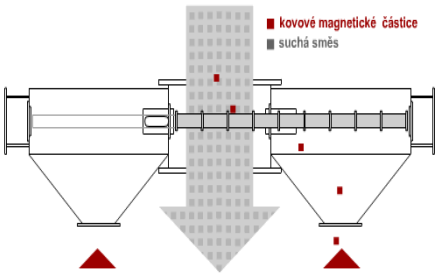
Для решения задачи очистки магнитных сепараторов и обеспечения поточности производственного процесса переработки зерна, необходимо магниты очищать в автоматическом режиме. Поэтому предлагается их оснастить автоматизированной системой очистки. Как показал литературный анализ, существуют различные виды автоматических магнитных сепараторов (таб.2).

*Таблица 2*

Разновидности автоматических магнитных сепараторов.

| Виды | Внешний вид | Схема работы |
|---|---|---|
| 1.Барабанные |   |  |

*Продолжение таблицы 2*

| Виды | Внешний вид | Схема работы |
|---|---|---|
| 2.Подвесной |  |  |
| 3.Стержневой |  |  |

1. Магнитный барабан служит для непрерывного и автоматического отделения ферромагнитных частиц от сыпучих масс. Система постоянных магнитов упрощает отделение магнитных металлических частиц без необходимости прерывания производственного цикла, одновременно защищая последующее машинное оборудование (например, прессы, дробилки, мельницы, разрывные машины) от повреждения[1].

Преимущество: комбинация барабана с различными магнитами, высокое качество сепарации, регулировка оборотов каждого барабана в отдельности, приспособление к индивидуальным требованиям.

Недостатком этих устройств является низкая селективность разделения неклассифицированных материалов крупностью от 0 до 10 мм методом магнитной сепарации, так как ограничено влияние центробежной составляющей процесса разделения.

2. Подвесной магнитный сепаратор предназначен для отделения металломагнитных частиц. В большинстве случаев он помещается над конвейерной лентой с горизонтальным поворотом на 90° или над выносным валком. Уловленные магнитные примеси выносятся в сторону с помощью ленты, которая вращается вокруг магнита[4].

Преимущество: очищенный материал (без ферромагнитных примесей), постоянная защита технологического оборудования, непрерывный режим производства, автоматическая очистка без необходимости прерывания потока материала, экономия расходов на обслуживание и снижение риска неполадок.

Однако для очистки комбикормов навесные магнитные сепараторы малоэффективны, так как сепаратор с дальнодействующими магнитными системами характеризуются низкой силой притяжения (низким градиентом магнитного поля) мелких частиц из потока продукта.

3. Стержневой магнитный сепаратор предназначен для сепарирования мелких и самых мелких ферромагнитных частиц, находящихся в потоке свободно падающего материала. Магнитный решетчатый сепаратор способен автоматически отделять слабомагнитную нержавеющую сталь[2].

Преимущество: материал, очищенный от ферромагнитных примесей, постоянная защита технологического оборудования, непрерывный режим производства, в процессе очистки у отдельных вариантов не требуется останавливать поток.

Недостатком стержневого магнитного сепаратора является, подвижная часть магнитной системы, перемещается вся магнитная часть для очистки, затраты мощности на привод будут значительны.

Вывод: Для решения поставленной задачи автоматизации процесса очистки магнитных сепаратор необходимо принять к сведенью, что конструкции автоматических сепараторов имеются. На примере предприятии ООО «ЕКХП» каждые 12 часов происходит пересмена в 10-15 мин. которая отводиться на ручную очистку магнитов. Соответственно оператору линии приходиться длительное время заниматься ручной очисткой магнитных сепаратором. Мы предлагаем установить автоматический магнитный сепаратор, который в автоматическом режиме проводит очистку от магнитных примесей зерна и зернопродуктов. Оператору достаточно 2-3 мин, чтобы зрительно посмотреть идет очистка или нет, и принимать смену дальше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Продукт SOLLAU // https://www.sollau-cz.com // URL: https://www.sollau.ru/zakrytyj-magnitnyj-baraban-mbz (дата обращения: 12.11.2022).
2. Продукт SOLLAU // https://www.sollau-cz.com // URL: https://www.sollau.ru/avtomaticeskij-magnitnyj-sterznevyj-separator-mss-ac (дата обращения: 12.11.2022).
3. Чарыков В. И., Копытин И. И. Электромагнитные деферризаторы: теория, расчет, конструкция: монография. – Курган: Изд-во КГУ, 2018. – 150 с.
4. MAGSY, S. R. O. // https://www.magnity-magsy.ru/ // URL: https://www.magnity-magsy.ru/25244- (дата обращения: 12.11.2022).

УДК 631.363.2

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ

Н.В. Машкова, аспирант
Е.А. Пшенов, канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Проанализированы направления совершенствования конструкций и технологического процесса работы пневматических молотковых дробилок. Установлено, что существует необходимость автоматизации процесса загрузки молотковой дробилки. Предложено техническое решение позволяющее осуществить дистанционно контролируемую подачу фуражного зерна в пневматическую молотковую дробилку.

***Ключевые слова:*** эжектор, загрузочное устройство, автоматизация загрузки.

Пневматические молотковые самовсасывающие дробилки получили широкое распространение для производства комбикормов как на стационарных комбикормовых цехах малой производительности (до 4-5 т/ч), так и на мобильных комбикормовых заводах. Преимущество таких дробилок заключается в отсутствии дополнительного оборудования для загрузки исходных компонентов и выгрузки измельченного продукта. При этом отмечены такие недостатки как большая удельная энергоемкость процесса связанная с затратами энергии на пневмотранспорт; повышенный износ решет и молотков; низкий ресурс работы электродвигателя вызванный перегрузками.

Вопросу повышения эффективности работы пневматических молотковых самовсасывающих дробилок посвящены работы П. А. Савиных, С. Ю. Булатова, А. Г. Сергеева, В. Н. Нечаева, В. Л. Касьянова, А. В. Алешкина и др. На протяжении последних пятнадцати лет совершенствуются конструкции самих молотковых дробилок, а также ведение технологического процесса измельчения с их использованием. Отдельного внимания заслуживает контроль и регулирование загрузки молотковой дробилки. Анализ работ позволил выявить основные направления повышения эффективности работы молотковых дробилок.

В работе [1] представлены результаты исследований по оптимизации конструктивно-технологических параметров дробилки с пневматической загрузкой материала. Эксперимент проводился на лабораторной установке, состоящей из дозатора, зерноприемника, двух материалопроводов, дробилки и осадителя. Отметим, что регулирование подачи исходных компонентов осуществляется заслонкой по тарировочной таблице. При этом оптимизация процесса осуществлялась за счет модернизации конструкции ротора пневматической молотковой дробилки.

Модернизации ротора и сепарирующей поверхности пневматической молотковой дробилки посвящена работа [2] в которой совместили наружный вентилятор с молотковым ротором, полностью охватывающим дробильную камеру, кроме того предложено «дека-решето», состоящее из двух колец с пазами, между которыми расположены стержни квадратного поперечного сечения с нанесёнными на них винтовыми канавками. При этом в конструкции предусмотрено изменение угла установки стержней. Следует отметить большую металлоемкость предложенного решения по сравнению с классическим пробивным решетом, а также большие трудозатраты при выставлении заданного угла установки стержней. При этом исследования показали, что длина всасывающего рукава $l$ практически не влияет на средний размер частиц измельчённого продукта $d_{ср}$.

Работа Сергеева А. Г. [3] посвящена усовершенствованию конструктивно-технологической схемы дробилки зерна с пневматической загрузкой, включающую дробильную камеру с жалюзийным сепаратором в торцевой поверхности, деку, охватывающую молотковый ротор по периферии и вентилятор с радиальными основными и дополнительными лопатками. Что позволило снизить потери давления в проточной части колеса вентилятора, а также интенсифицировать работу комбикормового агрегата на 22 %.

Система подачи исходного компонента в пневматическую молотковую дробилку рассмотрена в работах Булатова С.Ю. [4] в частности загрузка и очистка фуражного зерна. По результатам исследований удалось уменьшить сопротивление загрузочного устройства (эжектора), что позволило увеличить максимальную производительность комбикормового агрегата на 15 %. Организована очистка зернофуража перед измельчением посредством пневмосепаратора, использовав потенциал воздушного потока, создаваемого вентилятором дробилки зерна. Эффективность выделения крупных примесей составила 100%, а мелких 55%.

Вопрос автоматизации загрузки пневматических молотковых дробилок на сегодняшний день не решен. Это связано с особенностью технологического процесса подачи зерна в дробилку. Оператор должен вручную переместить и настроить эжектор на требуемую производительность для различных компонентов. Однако, как показывает опыт эксплуатации, перенастройку эжектора не проводят, отрегулировав подачу по компоненту, занимающему большую долю в рецептуре комбикорма. Это приводит либо к недогрузке пневматической молотковой дробилки, либо перегрузке при измельчении остальных компонентов, что снижает ресурс работы электродвигателя, а также качество готового продукта. При этом вопросу автоматизации загрузки обычных молотковых дробилок посвящено достаточное количество работ [5-7]. Следует отметить, что необходимым условием осуществления автоматизированной загрузки дробилки, является наличие питателя (дозатора) управляемого отдельным электроприводом, который

изменяет подачу зерна при изменении активного тока в цепи питания электродвигателя молотковой дробилки.

В работе [5] предложено использовать датчики расхода сыпучих продуктов, чтобы повысить точность системы управления, реализовав принцип управления «по возмущению», в котором изменение возмущающего воздействия компенсируется до того, как оно нарушит технологический режим объекта управления.

Повышение эффективности молотковой дробилки предложено в работе [6], за счет точной подачи материала в камеру измельчения посредством шнекового питателя выполняющего роль ворошителя, управляемого программным кодом.

Решение задач моделирования с применением ЭВМ по не допущению перегрузки электродвигателя молотковой дробилки предложено в работе [7]. Необходимость стабилизации тока электродвигателя в пределах его номинального значения путем изменения подачи зерна в дробилку является актуальной задачей для всех молотковых дробилок.

На основании проведенного анализа технологического процесса производства комбикормов на мини комбикормовом заводе [8], уровня и состояния автоматизации подобных процессов, а также схемы управления дробилкой поставлена задача – разработать механическую часть системы дистанционного управления эжектором пневматической молотковой дробилки.

Эжектор пневматической дробилки [9] (рис. 1) состоит из внешнего кожуха 1 в виде трубы, на входном участке жестко закреплен приемный конус 2 с углом раскрытия порядка 15°. На противоположной стороне кожуха закреплены два диаметрально расположенных кронштейна 3, с продольными прорезями 4. Центральная труба 5 соосно крепится посредством резьбовых шпилек 6 в кронштейнах 3. Заслонка 7 в виде охватывающей трубы расположена на центральной трубе 5 с возможностью осевого перемещения и имеет окно прямоугольной формы 8. Центральная труба 5 имеет окно прямоугольной формы 9. Для исключения поворота заслонки 7 вокруг центральной трубы 5 на охватывающей трубе в диаметрально противоположном направлении относительно окна 8 выполнена прорезь 10. На центральной трубе 5 в диаметрально противоположном направлении относительно окна 9 приварена полоса 11, выполняющая роль направляющей для заслонки 7. Заслонка 7 имеет пружину 12 для возврата в исходное положение «открыто». Рубашка «боуден-троса» 13 крепится к центральной трубе 5 посредством кронштейна 14. Сам трос крепится к заслонке 7 посредством кронштейна 15.

На ответной части «боуден-троса» 13 расположен рычаг 16, к которому крепиться трос. Рычаг 16 имеет подпружиненный фиксатор 17 входящий в зацепление с зубчатым сектором 18. Для перемещения фиксатора 17 предусмотрена кнопка 19 на рукоятке рычага 16.

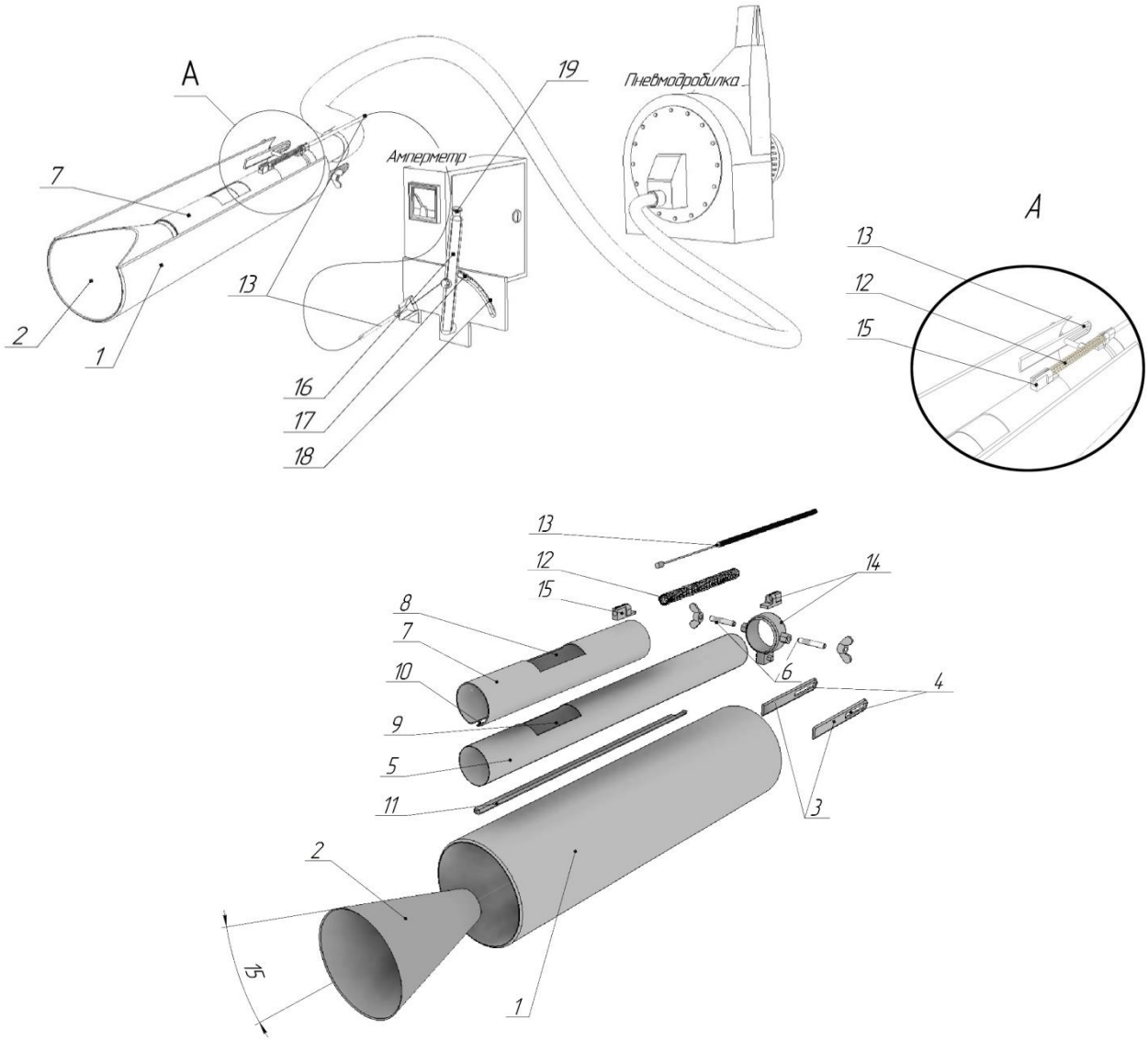



Рисунок 1 – Эжектор пневматической дробилки:
1 – внешний кожух; 2 – приемный конус; 3 – кронштейн; 4 – продольные прорези; 5 – центральная труба; 6 – резьбовые шпильки; 7 – заслонка; 8,9 – окна; 10 – прорезь; 11 – направляющая; 12 – пружина; 13 – рубашка «боуден-троса»; 14 – хомут; 15 – крепление пружины; 16 – рычаг; 17 – подпружиненный фиксатор; 18 – зубчатый сектор; 19 – кнопка.

Работа эжектора пневматической дробилке осуществляется следующим образом.

Перед запуском пневматической дробилки рычаг 16 находится в крайнем левом положении, что соответствует положению заслонки 7 «открыто». Пружина 12 в этот момент находиться в состоянии предварительного сжатия обеспечивающим перемещение заслонки 7 в крайнее положение преодолевая силы трения. После включения пневматической дробилки (пневмотранспортной установки) эжектор помещается в насыпь транспортируемого материала. Рычаг 16 плавно переводят в положение «открыто» выведя фиксатор 17 из зацепления с зубчатым сектором 18 нажатием кнопки 19. При этом визуально наблюдается изменение показаний амперметра. В этот момент трос 13 перемещает заслонку 7, преодолевая усилие пружины 12, и уменьшая площадь окна подсоса воздуха смещая окно 8 относительно окна 9. Это приводит к увеличению разряжения в приемном конусе 2 эжектора, как следствие засасывание транспортируемого материала и подача его в пневматическую дробилку. При достижении заданного значения силы тока рычаг 16 фиксируют фиксатором 17. После окончания процесса измельчения (транспортирования) рычаг 16 снова переводят в положение «открыто». Окна 8 и 9 совмещаются, что

соответствует максимальному подсосу воздуха, и разряжение в приемном конусе 2 падает, прекращается подача транспортируемого материала. При этом происходит продувка всасывающего материалопровода и самой пневматической дробилки.

Экспериментально установлено, что площадь окна подсоса воздуха больше площади поперечного сечения центральной трубы не менее чем в 1,75 раза. Приняв ширину окна $B$ (рис. 2) как 1/4 от длины окружности центральной трубы диаметром $D$, получили длину окна равную $L \geq 0{,}25 \cdot 1{,}75 \cdot 4 \cdot D \geq 1{,}75 \cdot D$.

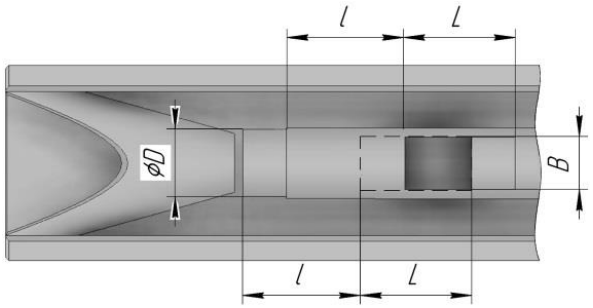



Рисунок 2 – К определению соотношений размеров окна подсоса

В центральной трубе эжектора пневматической дробилке на расстоянии $l \geq L$ от входного конца, вырезано окно прямоугольной формы с размерами: шириной $B \geq d \cdot sin\ (\alpha/2) \geq 36 \cdot sin\ (90°/2)$ и длиной $L \geq 1{,}75 \cdot D$. Заслонка выполнена в качестве охватывающей трубы большего диаметра, в которой вырезано прямоугольное окно с размерами $B$ и $L$ и на расстоянии $l \geq L$ от обреза трубы. Таким образом, в открытом положении заслонки окна совпадают, а в закрытом участок охватывающей трубы длиной $l \geq L$ полностью перекрывает окно подсоса воздуха, и эжектор работает в штатном режиме.

Преимуществом предлагаемой полезной модели является возможность дистанционной регулировки подачи транспортируемого материала. При нанесении соответствующих меток на зубчатом секторе рычага, скорость и удобство настройки эжектора для различных видов измельчаемого (транспортируемого) материала повышаются.

Дальнейшие исследования направлены на разработку блока управления с электрифицированным приводом перемещения «боуден-троса» для возможности автоматизации процесса загрузки пневматической молотковой дробилки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савиных, П. А. Результаты исследований по оптимизации конструктивно-технологических параметров дробилки с пневматической загрузкой материала / П. А. Савиных, В. Н. Нечаев, С. Ю. Булатов, Б. Г. Назар // Stiinta agricola. – 2015. – № 2. – С. 69-75.

2. Касьянов, В. Л. Повышение эффективности функционирования молотковой дробилки зерна путём совершенствования пневматической загрузки и сепарирующей поверхности : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Касьянов Владимир Леонидович. – Киров, 2010. – 23 с.

3. Сергеев, А. Г. Повышение эффективности функционирования дробилки зерна с пневматической загрузкой путем оптимизации её конструктивно-технологических параметров : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сергеев Александр Георгиевич. – Киров, 2009. – 19 с.

4. Булатов, С. Ю. Разработка и совершенствование технологических линий и технических средств приготовления кормов в условиях малых форм хозяйствования : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Булатов Сергей Юрьевич. – Княгинино, 2018. – 412 с.

5. Гриднева,Т. С. Автоматизация процесса загрузки дробилки / Т. С. Гриднева, С. С. Нугманов // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения : сборник научных трудов. – Кинель : Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – С. 313-315.

6. Садов, В. В. Повышение эффективности измельчения зерновых компонентов за счет оптимальной загрузки молотковой дробилки / В. В. Садов, С. А. Сорокин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3(197). – С. 100-106.

7. Пархоменко, С. Г. Моделирование на ЭВМ системы автоматического регулирования процесса загрузки дробилки для переработки зерна / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Хранение и переработка зерна. – 2017. – № 5(213). – С. 62-66.

8. Машкова, Н. В. Тенденции совершенствования пневматических молотковых дробилок / Н. В. Машкова, Е. А. Пшенов // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник IV национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 26 февраля 2021 года / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 516-521.

9. Эжектор пневматической дробилки. Заявка на патент на полезную модель № RU 2022 107 492 U от 21.03.2022. Решение о выдаче патента от 28.07.2022.

УДК 632.08: 631.2

## ОСОБЕННОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗЕРНА В ПЕРИОД ХРАНЕНИЯ

А.А. Слободскова, канд. техн. наук, доцент
Н.М. Латышенок, канд. техн. наук, доцент
*Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева*

***Аннотация.*** Уровень безопасности производства зерна определяет уровень развития зернового производства в стране, а главным образом, уровень жизни населения и уровень его продовольственной безопасности. В настоящее время членами ассоциации являются более 70 000 сельскохозяйственных организаций, занимающихся производством зерна из всех регионов, страна, более половины из которых составляют фермерские хозяйства, которые не имеют специальных условий для правильного хранения семенного материала и научной базы.

В период сохранности зерна невосполнимой урон наносят различного рода вредоносные микроорганизмы. Они могут не только разрушать зерно изнутри, но их бесчисленное размножение приводит к процессу самонагревания, что в целом негативно влияет на качество семенного материала.

Многие учены в настоящее время занимаются изучение экологически безопасными методами борьбы с вредоносными микроорганизмами и насекомыми.

***Ключевые слова*:** зерно, дыхание зерна, микроорганизмы, межзерновое пространство.

Зерно – это живой материал и поэтому нуждается в постоянном притоке энергии для поддержания жизненно важных функций (рис. 1). У большинства наземных растений ресурс энергии выделяется в действии конъюгации органической субстанции.

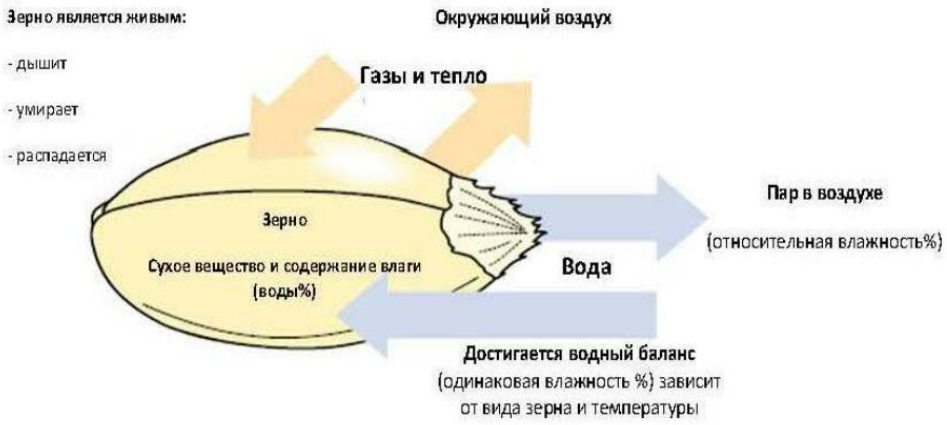



Рисунок 1 – Жизнедеятельность семенного материала

Учеными Л.А. Трисвятским и А.П. Тарасенко отмечалось, что в процессе сохранности семенного зерна, случается два вида конъюгации в зависимости от характера физиологического процесса при хранении, который называется «дыханием зерна» [1].

Дыхание зерна в процессе его хранения делится на анаэробное дыхание и аэробное.

Анаэробное это простыми словами бескислородное дыхание, которое протекает с небольшим выделением энергии. В данном виде дыхания в семени образуется эталон, который даже при незначительной своей концентрации сильно замедляет процессы жизнедеятельности клеток семени, а в дальнейшем развитии семени и увеличении концентрации этилового спирта умертвляет его, при этом семя уже является непригодным для посева.

При аэробном дыхании проходит процесс с достаточным количеством кислорода и с большим выделение энергии.

В процессе дыхания семенного материала зерно претерпевает значительные перемены, оно теряет массу, увеличивается водопоглощение зерна, следовательно повышается влажность в межзерновом пространстве, так же меняется величина выделяемой теплоты в семенной массе [9].

В процессе сохранности зерна по мимо разновидностей дыхания важное значение имеет фактор интенсивности дыхания, который увеличивается с возрастанием температуры и влажности семенной массы.

Дринча В.М. проводя свои исследования по данной тематике, получил определенные зависимости (рис. 2) изменения времени хранения семян от температуры и влажности.

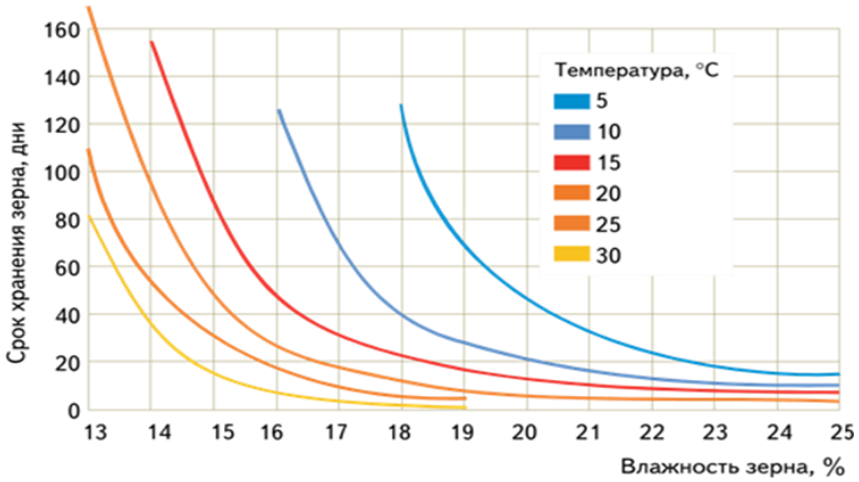



Рисунок 2 - Допустимые сроки хранения зерна

В течении всего времени хранения семенного материала может начаться самопроизвольное повышение температуры внутри зерновой массы. Все ученые, которые

занимаются исследованиями, связанными с разработкой технологий и технических средств производства качественного зерна и семян, замечают, что самосогревание зерна в целом имеет общую закономерность, которая приведена на рисунке 3 [2].

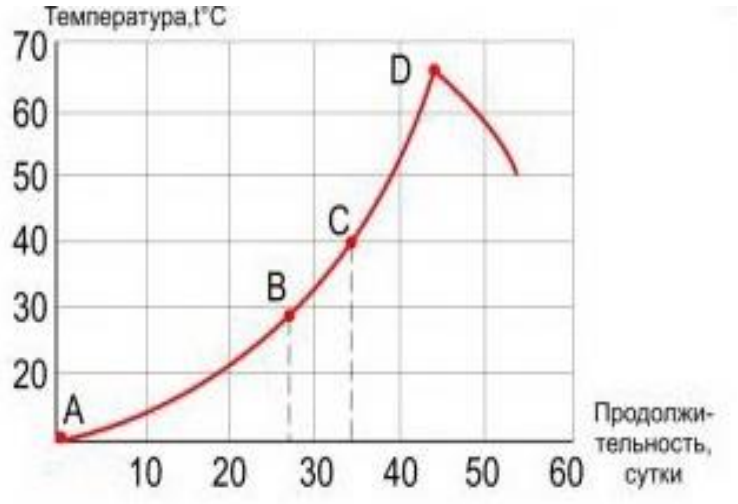



Рисунок 3 – Общая закономерность самосогревание зерна

Участок А-В сигнализирует о возвратном режиме к низкой температуре, без существенных перемен качеств зерна. В точке В формируются подходящие условия для роста вредоносных микроорганизмов, так как температура поднимается свыше $30^0$ С. Участок CD конкретизирует окончательную гибель семени.

Полученные результаты исследований учеными В.М. Дринча и А.П. Тарасенко позволяют сделать вывод, что зерно начинает окисляться, потому что с повышением температуры возрастает интенсивность дыхания зерна. Рисунок 4 показывает, что интенсивность дыхания и процессы окисления связаны между собой [2].

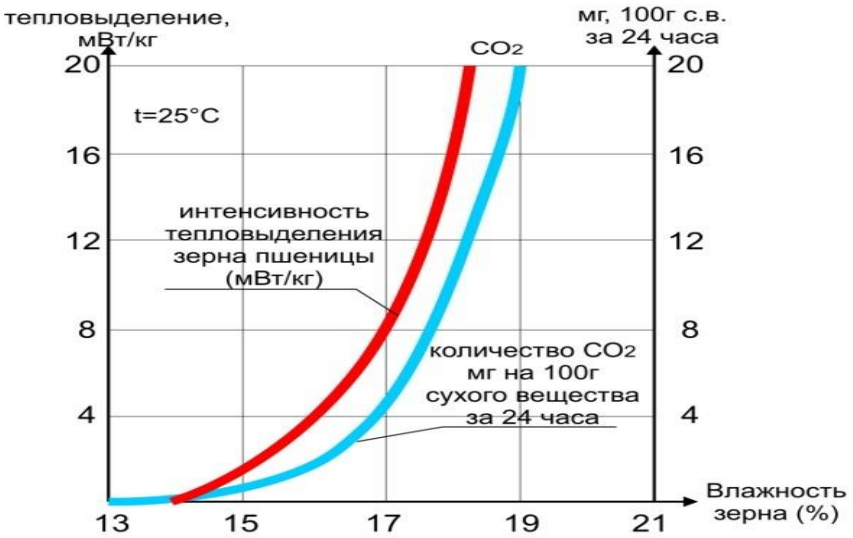



Рисунок 4 – Взаимосвязь дыхания и процесса окисления зерен пшеницы

Тот факт, что нехватка воздуха в межзерновом пространстве зерновой смеси снижает интенсивность дыхания, в данное время изучен не полностью для того, чтобы начать разрабатывать определенные способы для хранения зерна с получением качественного семенного материала для сева.

Учеными В.И. Филатовым и Т.К. Головко, в своих работах было замечено, что мощность процесса самосогревания зерна по определенным показателям зависит от наличия влаги, которая является основным показателем для питания, постоянно живущих в зерновой смеси микроорганизмов. Как только зерно наполняется влагой, происходит мгновенное

возрастание колоний плесневелых грибов и дрожжей (рис. 5). В общей своей массе они являются аэробными организмами и почти всю свою энергию тратят на дыхание [3,9].

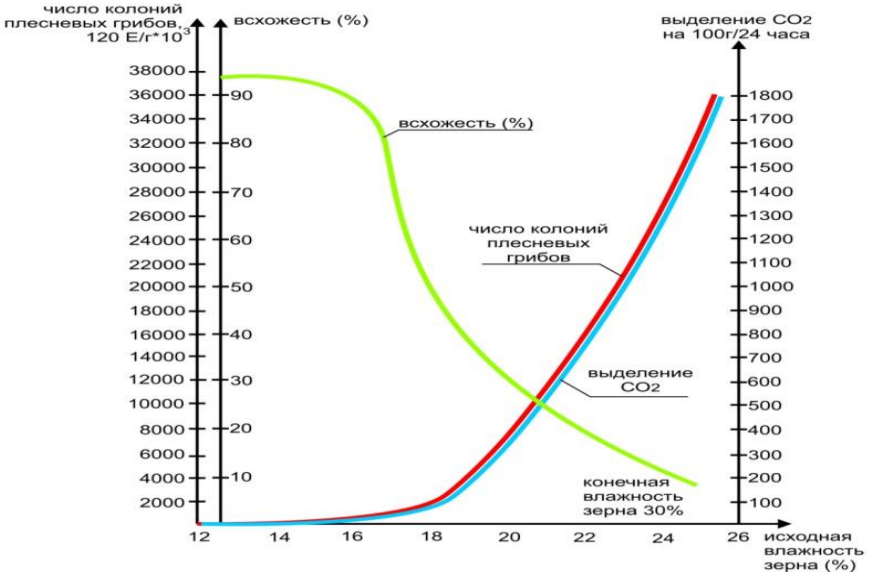



Рисунок 5 – Зависимости жизнедеятельности микроорганизмов от влажности зерна

По кривым рисунка 5 видно, что по возрастании влажности до 17% при температуре в $25^0$ С микроорганизмы остаются в первоначальном периоде процесса жизнедеятельности, без какого-либо увеличения их числа, но стоит отметки влажности перейти границу 18% наблюдается стремительный процесс размножения бактерий. Вред, нанесенный процессом самонагревания, возникающего вследствие активной жизнедеятельности вредоносных микроорганизмов, в этом случае температура поднимается выше $35^0$ С, приводит к потерям всхожести семенного материала.

Учеными из Воронежского ГАУ доказано, что хорошо просушенное и обработанное зерно нуждается в особенном внимании, потому что процесс размножения вредоносных микроорганизмов велик, даже если уровень влажности зерновой массы стоит на отметке критически нормального значения [4,5].

Учеными, занимающимися вопросом хранения семенного материала представлена определенная зависимость, по которой происходит размножение грибов в семенном материале (рис. 6).

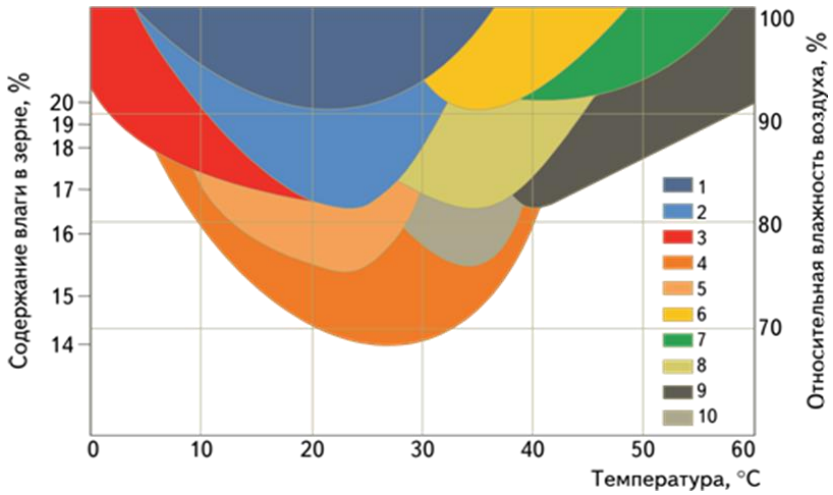



Рисунок 6 – Размножение микроорганизмов в зерне [4,5]: 1 – Физариум; 2 – Пеницилий круглозерный; 3 – Пеницилийциклопидный; 4 – Аспергилл разноцветный; 5 - Аспергиллус Глаукус; 6 – Абсидиарризопус; 7 – Высокий уровень стрептомицетов; 8 - Аспергиллускондидус; 9 – Пеницилий Капсулатумальтус; 10 – Термофилы таларомицера.

Различные разновидности дрожжевых и плесневелых микроорганизмов, для своего нормального функционирования активно начинают поглощать кислород из внешней среды, поглощение кислорода микроорганизмами во много раз превышает поглощение кислорода зерновых.

Обобщение научных данных и исследовательского материала как отечественных, так и зарубежных ученых, позволяет сделать вывод, что на протяжении пятидесяти лет отмечается постепенное существенное возрастание степени повреждения семенного материала разнообразными микроорганизмами. При этом огромную значимость принимает вопрос о разработке современной методики, позволяющей своевременно обнаруживать места заражения и мгновенно их уничтожать [6,7,8,10].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трисвятский, Л.А., Лесик, Курдина В.Н. Хранение сельскохозяйственных продуктов / Под общ. ред. Л.А. Трисвятского. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1983 - 383с.

2. Дринча, В.М. Резервы снижения потерь зерна при хранении / В. М Дринча, Б. Д. Цыдендоржиев // Комбикорма. – 2010. – №7. – С. 59–60.

3. Филатов, В.И. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства/ В.И. Филатов [и др.]. - М.: Колос, 1999. - 724с.

4. Алексеева, Л.В. О хранении зерна в металлических силосах/Л. В. Алексева и др. – М.: Мукомольно-элеваторная и комбикормовая промышленность. – 1980. - №4. – С.41 – 43

5. Алексеева, Л.В. Применение метода планирования многофакторного эксперимента при постановке исследований по хранению зерна/ Л. В Алексеева, М.Ж. Кизатова, Э.Г. Артамонова. // М.: Труды ВНИИЗ. -1989. Вып. 111.-с. 144-153.

6. Бышов, Н. В. Экспериментальное исследование двигателей привода кормораздатчика / Н. В. Бышов, Н. Г. Кипарисов, А. А. Полякова // Инновационные технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве: Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Владимира Федоровича Некрашевича, Рязань, 20–21 марта 2011 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2011. – С. 114-116.

7. Полякова, А.А. Обзор современных технических средств для приготовления и раздачи кормов и пути их совершенствования / Д.Е. Каширин, М.А. Милютин // Материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. - Иркутск, 2015 г. - С. 216-221.

8. Полякова, А.А. Использование акселерометров для определения технологических параметров миксера кормораздатчика /А.А. Полякова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2015. № 2 (26). - С. 112-115.

9. Латышенок, Н.М. Динамика развития насекомых-вредителей и микроорганизмов в семенном зерне в герметичном контейнере с разреженной воздушной средой / Л.Н. Латышенок, А.А. Слободскова [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 99-107.

10. Полякова, А.А. Энергосберегающая установка для сушки перги / А.А. Полякова, Д.Е. Каширин, Е.А. Соловьева // Международная научно-практическая конференция «Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России», РГАТУ, 2016. - С. 72-75.

# *Безопасная эксплуатация технологических и транспортных машин и оборудования*

УДК 656.09

## О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ И ВОИНСКИХ ЧАСТЕЙ ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.Ю. Авдюшенко, преподаватель
*Новосибирский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии*

***Аннотация.*** В статье затрагиваются вопросы технического обеспечения подразделений и воинских частей войск национальной гвардии. Рассмотрена организация и работа системы технического обеспечения в ходе выполнения специальной военной операции.

***Ключевые слова:*** вооружение, военная и специальная техника, военно-техническое имущество, склад, воинская часть, подразделение, ремонтно-восстановительные органы, специальная военная операция.

Техническое обеспечение организуют органы управления техническим обеспечением (управления, отделы, отделения, службы) на основании нормативных правовых актов.

Техническое обеспечение непосредственно осуществляется личным составом, эксплуатирующим ВВСТ, а также силами и средствами технического обеспечения.

Успешное решение задач технического обеспечения может достигаться только при наличии слаженной и непрерывно действующей системы технического обеспечения войск.

Система технического обеспечения войск национальной гвардии включает в себя: органы управления техническим обеспечением; силы и средства технического обеспечения, осуществляющие мероприятия по техническому обеспечению войск.

К силам технического обеспечения относится личный состав ремонтно-восстановительных органов (далее – РВО), складов артиллерийского вооружения и боеприпасов (далее – склады АВ и БП), горючего и смазочных материалов и военно-технического имущества (ГСМ и ВТИ), а также отдельные специалисты.

Подготовка инженерно-технического состава и специалистов служб технического обеспечения осуществляется военных образовательных учреждениях высшего профессионального образования, учебных воинских частях и подразделениях.

К средствам технического обеспечения относятся: средства технического обслуживания и ремонта, эвакуации, хранения ВВСТ, запасы артиллерийского вооружения и боеприпасов, ГСМ и ВТИ, средства для их хранения, обслуживания, перевозки (перекачки) и проведения погрузочно-разгрузочных работ [1].

К РВО относятся воинские части и подразделения технического обеспечения: отдельный ремонтно-восстановительный батальон предназначен для производства текущего ремонта артиллерийского вооружения, ВВСТ; ремонта и поверки средств измерений; эвакуации ВВСТ. При наличии времени и соответствующих условий он может производить средний ремонт отдельных образцов ВВСТ на готовых агрегатах.

Кроме того, часть сил и средств батальона может использоваться для выполнения ремонтных и эвакуационных работ на местах выхода ВВСТ из строя или в ближайших укрытиях, а также для оказания помощи воинским частям (подразделениям) в проведении сложных и трудоемких работ при техническом обслуживании и подготовке ВВСТ к использованию по предназначению.

Ремонтная рота (взвод) предназначена для производства текущего ремонта основных видов ВВСТ, их эвакуации; выполнения сложных и трудоемких работ при техническом обслуживании и при подготовке ВВСТ к использованию назначению.

В отдельных случаях ремонтная рота может производить средний ремонт автомобильной техники и некоторых других образцов ВВСТ на готовых агрегатах или капитальный ремонт отдельных агрегатов.

Ремонтная рота (взвод), как правило, осуществляет ремонт ВВСТ в пункте постоянной дислокации (далее – ППД), а при выполнении задач, в ходе выполнения специальной военной операции в отрыве от ППД (в пункте временной дислокации (далее – ПВД)) – в полевом парке с использованием подвижных средств технического обслуживания и ремонта (далее ПСТО и Р). При проведении специальной военной операции ремонтная рота может развертывать сборный пункт поврежденных машин (далее – СППМ), с выделением части сил и средств для организации эвакуации и ремонта ВВСТ в местах их выхода из строя.

Для выполнения задач специальной военной операции может создаваться группа технического обеспечения для оказания помощи водителям в выполнении сложных и трудоемких работ при подготовке техники к использованию, при обслуживании и проведении текущего ремонта, для проведения ремонта стрелкового оружия, а также для перевозки личного состава и материальных средств группы специального назначения. Она осуществляет эвакуацию и ремонт ВВСТ на местах их выхода из строя, в ППД (ПВД) также или может выделяться специалисты в составе отделения технического обслуживания предназначено для оказания помощи экипажам (водителям) в выполнении сложных и трудоемких работ при подготовке ВВСТ к использованию, при техническом обслуживании и текущем ремонте, для эвакуации техники, вытаскивания машин легкого застревания.

Для решения определенных задач технического обеспечения, как правило в отрыве от ППД, при проведении специальных операций (на марше и в бою), могут создаваться временные РВО: ремонтно-эвакуационные или ремонтные группы (далее – РЭГ или РемГ) и замыкания колонн.

В составе соединений и воинских частей (подразделений) могут формироваться автомобильные подразделения, которые не являются силами и средствами технического обеспечения, но участвуют в выполнении его задач.

При совершении марша воинскими частями (подразделениями) отдельный ремонтно-восстановительный батальон (далее – ОРВБ) (ремонтная рота, взвод, группа технического обеспечения) выделяет часть сил и средств, в замыкание колонны для ремонта техники на маршруте движения и эвакуации неисправных машин в район сосредоточения (предназначения).

Склады АВ и БП, ГСМ и ВТИ предназначены для приема, хранения, учета, обслуживания и выдачи вооружения, боеприпасов, ГСМ и ВТИ в подразделения. Пополнение складов осуществляется центрами материально-технического обеспечения, складов резерва главнокомандующего Росгвардии, а при выполнении задач специальной военной операции – с арсеналов, баз и складов Минобороны России.

Автомобильные подразделения предназначены для решения одной или нескольких задач технического обеспечения (содержание запасов боеприпасов, ГСМ и ВТИ и других материальных средств на автомобильной технике и подвоз этих запасов в воинские части и подразделения); для перевозки личного состава к местам выполнения задач.

Техническое обеспечение – это комплекс мероприятий по поддержанию ВВСТ в готовности к боевому применению; накоплению и содержанию ВВСТ и иных запасов материально-технических средств, поддержанию и приведению в готовность к применению в установленный срок техники, поступающей на доукомплектование воинских частей (подразделений), а сил и средств технического обеспечения – к выполнению задач по предназначению.

Основными мероприятиями технического обеспечения специальной военной операции являются:

снятие с хранения и приведение в готовность к применению ВВСТ;

организация ремонта и отправка невосстанавливаемых своими силами ВВСТ в капитальный ремонт на предприятия;

дообеспечение воинских частей (подразделений) ВВСТ и иными материально-техническими средствами в соответствии с расчетом;

прием техники, поступающей на доукомплектование воинских частей (подразделений);

вывод ВВСТ и вывоз запасов материально-технических средств в места (районы) проведения специальной военной операции;

всесторонняя подготовка сил и средств технического обеспечения;

обеспечение материально-техническими средствами воинских (подразделений) в ходе подготовки к выполнению задач;

техническое обеспечение воинских частей (подразделений) при перегруппировке в районах выполнения специальной операции.

Подготовка осуществляется непосредственно в пунктах постоянной дислокации воинских частей.

При проведении мероприятий по подготовке к выполнению задач обеспечение материально-техническими средствами осуществляется через склады текущего довольствия воинских частей войск национальной гвардии и базы (склады) органов обеспечения Росгвардии.

Управление силами и средствами технического обеспечения при проведении специальной военной операции осуществляется в заранее созданной системе управления войсками и включает:

постоянное знание обстановки и анализ состояния готовности органов управления техническим обеспечением воинских частей;

своевременное принятие решения в соответствии со складывающейся обстановкой и постановку задач органам управления, воинским частям (подразделениям) технического обеспечения;

непосредственное руководство воинскими частями (подразделениями) технического обеспечения при выполнении задач;

организацию поддержания взаимодействия между воинскими частями, и другими воинскими формированиями.

Должностное лицо, отвечающее за организацию технического обеспечения в интересах поддержания постоянной готовности соединения (воинской части), лично решает все вопросы, связанные с техническим обеспечением, которые включают:

состояние и обеспеченность запасными частями и принадлежностями техники, а также морально-деловых качеств водительского состава, специалистов технического обеспечения и соответствие расстановке их по должностям;

контроль состояния готовности воинских частей (подразделений) технического обеспечения;

подготовка исходных данных, расчетов и предложений, необходимых командующему (командиру) для принятия решения на выполнение задачи;

разработку, а также осуществление контроля, за разработкой подчиненными соответствующих документов.

Начальники служб технического обеспечения решают перечисленные вопросы применительно к осуществляемым их службами видам технического обеспечения, проводят необходимые расчеты, дают предложения по своим видам обеспечения, разрабатывают установленные документы, а также решают все вопросы, связанные с подготовкой и выполнением задач специальной военной операции, обеспечением войск материально-техническими средствами по подчиненным службам.

Основными элементами работы должностных лиц, отвечающих за организацию технического обеспечения и подчиненных им начальников служб являются: оценка обстановки и принятие решения (выработка предложений) по техническому обеспечению; планирование технического обеспечения (его видов); организация взаимодействия и управление подчиненными силами и средствами.

Эффективность выполнения задач технического обеспечения войск национальной гвардии обусловлена своевременностью, полнотой и качеством проведения мероприятий технического обеспечения и непосредственной подготовке войск к выполнению мероприятий специальной военной операции.

Техническое обеспечение при подготовке войск к выполнению задач включает:

обеспечение ВВСТ, иными материально-техническими средствами и их накопление;

поддержание боеспособности, боевой готовности сил и средств технического обеспечения на уровне, обеспечивающем выполнение поставленных задач;

создание учебно-материальной базы и проведение боевой подготовки органов управления, воинских частей (подразделений) технического обеспечения.

Мероприятия технического обеспечения при подготовке войск уточняются в ходе боевой подготовки, в том числе на проведении с участием других силовых структур, совместных учений, занятий и тренировок.

При непосредственной подготовке войск к выполнению задач специальной военной операции уточняются вопросы взаимодействия, организуется система управления техническим обеспечением, осуществляется ее сопряжение с системами управления техническим обеспечением других министерств и ведомств.

Техническое обеспечение при выполнении задач территориальной обороны организуется и осуществляется с учетом условий подготовки и организации обороны, боевого состава и задач соединений, воинских частей в системе территориальной обороны военных округов Минобороны России, их обеспеченности материально-техническими средствами; наличия и состояния ВВСТ, подготовленности личного состава, состояния и возможности сил и средств технического обеспечения; физико-географических условий и состояния местной промышленной базы, а также от других факторов конкретной обстановки.

В период подготовки территориальной обороны предусматриваются:

создание на складах соединений (воинских частей) дополнительных запасов материально-технических средств;

выделение из состава соединений, воинских частей РЭГ (РемГ) для усиления воинских частей (подразделений), выполняющих СБЗ на направлении сосредоточения основных усилий, действующих по ликвидации десантов (диверсионно-разведывательных групп противника) в зоне (районе) территориальной обороны или на самостоятельных направлениях, а также для воинских частей (подразделений), охраняющих (обороняющих) важные государственные объекты;

размещение воинских частей (подразделений) технического обеспечения в заранее подготовленных районах;

организация взаимодействия с органами управления техническим обеспечением других войск, действующих в зоне (районе) территориальной обороны.

В ходе выполнения задач территориальной обороны подача материально-технических средств, в воинские части (подразделения) осуществляется со стационарных складов соединений (воинских частей), а также с баз (складов) органов обеспечения транспортом старшего начальника.

Особое внимание уделяется организации своевременного сбора вышедших из строя ВВСТ, их ремонту и эвакуации. Ремонт ВВСТ в первую очередь проводится в местах выхода их из строя и на СППМ воинских частей.

Защита, охрана и оборона воинских частей (подразделений) технического обеспечения при выполнении задач территориальной обороны организуется в общей системе охраны и обороны войск.

Управление техническим обеспечением при выполнении задач территориальной обороны осуществляется с командного пункта соединений, воинских частей. Для управления техническим обеспечением используются радиопроводные и подвижные средства связи.

Техническое обеспечение при передвижении войск организуется и осуществляется с учетом условий оперативной обстановки, целей и способов передвижения, состояния ВВСТ, обеспеченности войск материально-техническими средствами, состояния и возможностей сил и средств технического обеспечения, уровня технической и специальной подготовленности водительского состава и специалистов служб технического обеспечения, а также наличия времени на подготовку к передвижению.

При организации технического обеспечения воинских частей (подразделений), совершающих марш, особое внимание уделяется подготовке водительского состава к вождению машин в колоннах по дорогам, колонным путям в конкретных условиях местности, времени года, суток и погоды; организации восстановления (поддержания, увеличения) необходимого ресурса (запаса хода) ВВСТ и обеспечения их надежной работы на марше; подготовке сил и средств технического обеспечения к восстановлению ВВСТ в ходе марша, обеспечению преодоления воинскими частями (подразделениями) водных и других преград, труднопроходимых участков местности на маршрутах движения колонн; выполнению задач с прибытием в назначенный район или выходом на указанный рубеж.

При подготовке к маршу запасы материально-технических средств пополняются до установленных норм, проверяется готовность выделенных для их перевозки транспортных средств. В подразделениях походного охранения могут создаваться дополнительные запасы боеприпасов.

Для восстановления ВВСТ на маршрутах движения создаются замыкания колонн. В их состав выделяются ремонтные и эвакуационные силы и средства, транспортные средства с необходимыми запасами ВТИ, средства заправки ГСМ, медицинские и другие средства.

Техническое обеспечение марша организуется и осуществляется штатными силами и средствами с учетом мероприятий, проводимых старшим начальником (накопление и поддержание в установленных размерах запасов материально-технических средств в воинских частях, расположенных на маршрутах движения; создание пунктов технической помощи; выделение сил и средств на водные и другие преграды, труднопроходимые участки местности (маршруты); назначение (создание) районов передачи ВВСТ, не восстанавливаемых силами замыкания колонн).

На привалах проводится контрольный осмотр ВВСТ, устраняются обнаруженные неисправности и при необходимости проводится дозаправка ГСМ из дополнительных емкостей или подвижных средств заправки. В районах отдыха ВВСТ проводится ежедневное техническое обслуживание.

В ходе совершения марша на большое расстояние ВВСТ может проводиться очередное техническое обслуживание. Кроме того, в районах отдыха (пунктах временной дислокации) проводятся работы по восстановлению (увеличению) запаса ресурса (хода) и дополнительные работы, необходимость в которых вызывается условиями марша на следующем суточном переходе, а также производится, при необходимости, восполнение расхода и потерь материально-технических средств.

Восстановление ВВСТ на марше осуществляется силами и средствами, выделенными в замыкание колонн.

Места передачи невосстанавливаемых ВВСТ средствам старшего начальника указываются установленным порядком.

Техническая разведка на марше осуществляется замыканиями колонн. Кроме того, замыкания колонн осуществляют вытаскивание застрявших образцов, а также проводят буксировку вышедших из строя ВВСТ в районы привалов, заправки, дневного (ночного)

отдыха, на пункты технической помощи, контрольно-пропускные пункты (далее – КПП), пункты дислокации воинских частей (подразделений), дислоцирующихся вблизи маршрутов движения; оказывают помощь водителям (механикам-водителям) в устранении неисправностей, проводят текущий ремонт ВВСТ в местах выхода из строя (местах, районах сосредоточения).

Защита, охрана и оборона сил и средств технического обеспечения на марше осуществляется в общей системе защиты, охраны и обороны воинских частей (подразделений).

Связь между органами управления в ходе марша обеспечивается подвижными и проводными средствами с использованием связи КПП, а также местных линий и узлов связи.

Управление техническим обеспечением в ходе марша осуществляется с командного пункта.

Донесения по техническому обеспечению представляются после прибытия в район отдыха (назначенный район) или выхода на указанный рубеж, при массовом выходе ВВСТ из строя – немедленно.

Техническое обеспечение воинских частей (подразделений) при перевозках железнодорожным, морским, речным и воздушным транспортом организуется в тесном взаимодействии с соответствующими министерствами и ведомствами.

Погрузка (выгрузка) ВВСТ на транспортные средства, их размещение, центровка и крепление осуществляются штатными водителями (механиками-водителями) и погрузочно-разгрузочными командами под руководством командиров подразделений и ответственных за погрузку лиц с использованием всех имеющихся погрузочно-выгрузочных устройств, приспособлений, механизмов.

В период подготовки к перевозке запасы материально-технических средств пополняются до установленных размеров и эшелонируются в соответствии с приказом командира на перевозку.

В пути следования ведется постоянное наблюдение за состоянием крепления ВВСТ.

Особое внимание уделяется соблюдению требований безопасности в ходе проведения работ при погрузке, в пути следования и выгрузке ВВСТ в пунктах назначения.

Порядок и правила перевозки ВВСТ определены нормативными правовыми актами Росгвардии, а также соответствующих министерств и ведомств Российской Федерации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилисов, Д. В. Транспортирование машины технической помощи на железнодорожных платформах / Д. В. Вилисов, А. В. Пчельников // Современные аспекты развития и безаварийной эксплуатации автомобильной техники (бронетанкового вооружения и техники): Сборник материалов конференции, Новосибирск, 25 июня 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2020. – С. 21-26. – EDNIKWDTO.

2. Информационный сборник, «Анализ опыта организации территориальной обороны на Украине №23/6472. Департамент техники и научно-исследовательской деятельности Росгвардии, 2022.

3. Методические рекомендации по обобщению опыты подготовки и служебно-боевого применения войск национальной гвардии Российской Федерации №23/4410. Департамент техники и научно-исследовательской деятельности Росгвардии, 2022.

4. Приказ Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 1.12.2017 года № 512 «Об утверждении Руководства по автотехническому обеспечению войск национальной гвардии Российской Федерации».

5. Приказ Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 29.09.2017 года № 414 «Об утверждении Руководства по танкотехническому обеспечению войск национальной гвардии Российской Федерации».

6. Техническое обеспечение воинских частей и подразделений внутренних войск МВД России: Учебник. Часть 2. Организация технического обеспечения воинской части (подразделения) в повседневной деятельности / Под ред. заместителя главнокомандующего ВВ МВД России по вооружению – начальника вооружения генерал-лейтенанта Юрченко С.П. – М.: Типография ГКВВ МВД России, 2008. – 580 с.

УДК 629. 02

# ОСОБЕННОСТИ ВЫПУСКНОЙ СИСТЕМЫ ДВИГАТЕЛЯ КАК ОСНОВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ И ЭКОЛОГИЯ

С.В. Алтухов, канд. техн. наук, доцент
Т.А. Алтухова, канд. техн. наук, доцент
А.Р. Сухаева, канд. техн. наук, доцент
*Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского*

***Аннотация.*** Становлению агропромышленного комплекса на качественно новый уровень развития способствует решение целого ряда приоритетных задач. Одной из важнейших проблем является эффективная поддержка со стороны аграрной науки. Не составляет исключение в этом аспекте разработка технических средств и технологий сельскохозяйственного производства. Большое значение в современном аграрном секторе отводится применению автотракторной техники для выполнения производственных процессов. Ключевым источником энергии тракторов и автомобилей в настоящее время являются поршневые двигатели внутреннего сгорания. Наибольшее распространение на сегодняшний день в качестве горючего нашли бензиновое, дизельное, а также газообразное топливо. В то же время во весь рост становится проблема выброса вредных веществ в окружающую среду эксплуатируемыми силовыми агрегатами. В результате выполненной работы исследованы особенности выпускной системы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Установлены факторы, влияния отработанных газов на окружающую среду.

***Ключевые слова:*** сельскохозяйственное производство, аграрная наука, автотракторная техника, вредные выбросы, экология.

**Введение.** Становлению агропромышленного комплекса на качественно новый уровень развития способствует решение целого ряда приоритетных задач. Одной из важнейших проблем является эффективная поддержка со стороны аграрной науки [1-4]. Не составляет исключение в этом аспекте разработка технических средств и технологий сельскохозяйственного производства [5-8]. Большое значение в современном аграрном секторе отводится применению автотракторной техники для выполнения производственных процессов.

Ключевым источником энергии тракторов и автомобилей в настоящее время являются поршневые двигатели внутреннего сгорания. Наибольшее распространение на сегодняшний день в качестве горючего нашли бензиновое, дизельное, а также газообразное топливо. В то же время во весь рост становится проблема выброса вредных веществ в окружающую среду эксплуатируемыми силовыми агрегатами.

**Цель исследования.** Исследование особенностей выпускной системы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Установление влияния отработанных газов на окружающую среду.

**Результаты исследования.** Выхлопные газы обладают высокой степенью токсичности, они представляют опасность для окружающей среды и, в частности, для человека. Все дело в тех веществах, которые образуются при сгорании топлива и выбрасываются в атмосферу [9,10].

Для человека наиболее опасны оксиды азота, угарный газ, а также многие углеводороды, являющиеся канцерогенами. Для окружающей среды наиболее опасны вещества, оказывающие губительный эффект на животных и растения, а также участвующие в образовании смога. При появлении первых автомобилей вопрос об их экологической безопасности не вставал, но люди отмечали, что машины портят воздух своими выхлопными газами. Остро этот вопрос встал во второй половине прошлого века, а в начале 90-х годов в Европе приняли пакет законов, направленных на контроль экологической безопасности и снижение выбросов отработанных газов.

В 1992 году в Европе начал действовать экологический стандарт «Евро 1», а в 1995 году – «Евро 2», и именно с введением «Евро 2» для всех новых бензиновых двигателей стало обязательным наличие каталитического нейтрализатора в выпускной системе. В дизельных двигателях нейтрализатора оказалось недостаточно, поэтому с вступлением в силу стандарта «Евро 4» (2005 год) в дизелях стало обязательным наличие сажевого фильтра. Каждый новый стандарт «Евро» заменял собой предыдущие стандарты и значительно ужесточал требования по экологической безопасности. Уже сейчас многие нормы стандартов «Евро 1» – «Евро 3» считаются не просто устаревшими, а просто-напросто запрещены, так как по сегодняшним меркам они слишком опасны для природы и человека.

Сегодня речь идет уже о стандарте «Евро 6» (вступил в силу в 2015 году), и по нему выхлоп бензинового двигателя должен содержать в 2,5 раза меньше оксидов азота и угарного газа, чем мотор стандарта «Евро 3». А содержание взвешенных частиц (сажи) дизельных двигателей стандарта «Евро 6» должно быть в десять раз меньше, чем по стандарту «Евро 3».

Погоня за экологической безопасностью – это, безусловно, хорошо, но она имеет и обратную сторону. Главная проблема экологичных двигателей в том, что они менее мощные, чем их неэкологичные собратья – дело здесь и в составе топлива, и в режиме сгорания топливно-воздушной смеси, и в необходимости пропускать выхлопные газы через катализаторы и фильтры. Но с этой потерей мощности и усложнением конструкции мотора приходится мириться, потому что окружающая среда нуждается в защите.

С целью снижения величины эмиссии в окружающую среду токсичных элементов, входящих в состав выхлопных газов мотора по причине испарения и неполного сгорания горючего, а также для поддержания необходимой эффективности отдачи двигателя, в том числе снижения расхода топлива, мобильные технические средства оснащаются комплексом специальных систем, которые можно сформулировать как системы управления двигателем, включая снижение токсичности выхлопных газов. Рассмотрим системы, которые получили наиболее широкое распространение.

1. Управление дозированием топлива. Контроль состава топливо-воздушной смеси выполняют системы управления подачей топлива. В случае, когда значение коэффициента избытка воздуха $\lambda=0,9$ двигатель функционирует с наибольшей мощностью и крутящим моментом. Максимальная экономичность и минимальные выбросы CO и CH демонстрируются при функционировании на смесях с коэффициентом $\lambda=1,1$. Однако количество в выпускных газах оксидов азота при этом достигает максимального значения. Для работы мотора на холостых оборотах состав горючей смеси должен соответствовать значению коэффициента $\lambda=0,9–1,05$. Режим принудительного холостого хода (в случае торможения двигателем) дает возможность полного отключения подачи горючего в цилиндры. Выбросы токсичных элементов будут отсутствовать.

2. Рециркуляция выпускных газов. Направление некоторой части выхлопных газов вновь в камеру сгорания (рециркуляция) осуществляется для уменьшения значения температуры сгорания горючей смеси для снижения формирования оксидов азота и расхода топлива. Но это ведет к снижению мощности мотора. Рециркуляция выпускных газов (система EGR) выполняется двояким путем: 1) внутренней рециркуляцией, которая обеспечивается управлением фазами газораспределения, и главным образом перекрытием клапанов; 2) внешней рециркуляцией, когда выхлопные газы направляются на выходе из выпускного коллектора и через систему клапанов поступают вновь в камеру сгорания.

3. Вентиляция картера двигателя. Поскольку токсичность картерных газов во много раз превышает отработавших, их выпуск в окружающую среду запрещен. В процессе функционирования двигателя картерные газы с помощью системы вентиляции картера направляются во впускной тракт мотора, где смешиваются с рабочими газами и после этого на такте впуска перемещают в цилиндр для осуществления дожигания.

4. Термическое дожигание выхлопных газов. Дожигание элементов выхлопных газов, которые не успели сгореть в цилиндре мотора, выполняется в выпускной системе, в которую специальным устройством нагнетают дополнительный воздух, используемый для осуществления реакции дожигания. С внедрением систем очистки отработавших газов путем каталитической очистки термическое дожигание применяется уже реже.

5. Каталитическое дожигание. Процесс дожигания отработавших газов выполняется в специальном устройстве – каталитическом нейтрализаторе. Он устанавливается в собственно системе выпуска отработавших газов и крепится под днищем транспортного средства. Конструкция нейтрализатора включает в себя керамический блок, который покрыт каталитическим материалом (металлы Pt, Rh, Rd). Нейтрализаторы, использующие принцип окисления выполняют окисление CO и CH за счет остаточного кислорода в обедненных или бедных смесях, в том числе подачи в систему дополнительной порции воздуха. Нейтрализаторы восстановительного типа формируют NOx до абсолютно безвредного азота. Двухкомпонентные нейтрализаторы содержат в себе нейтрализаторы обоих типов. Нейтрализаторы трехкомпонентные (селективные каталитические нейтрализаторы) с λ-зондом в настоящее время являют собой наиболее эффективную систему очистки отработавших газов. Кислородный датчик (λ-зонд) этой системы применяется для точного расчета соотношения воздуха и топлива в используемой горючей смеси.

6. Системы с обратной связью (λ-регулирование). Эта система осуществляет нейтрализацию веществ, представляющих вред для экологии в отработавших газах до 96 %. В системе установлены два кислородных датчика. Один датчик монтируется непосредственно перед каталитическим нейтрализатором, другой крепится после него. Датчики, выполняют измерение количество свободного кислорода в выпускных газах, посредством системы управления подачей горючего формируют состав топливовоздушной смеси, поступающей в цилиндры мотора. Для осуществления необходимой очистки выпускных газов нейтрализатором двигатель должен функционировать в узком диапазоне значений $\lambda=1\pm0{,}005$, который имеет название «окно» каталитического нейтрализатора.

Выводы: В результате выполненной работы исследованы особенности выпускной системы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Установлены факторы, влияния отработанных газов на окружающую среду.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов С.В. и др. Анализ гидродинамических характеристик распылителей форсунок ДВС // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 3. С. 3-6.

2. Алтухов С.В. и др. Анализ теплового состояния распылителей форсунок // Аграрная наука. 2018. № 5. С. 56-57.

3. Шуханов С.Н. Интерпретация качественных показателей функционирования двигателя УЗАМ-331.10 при работе на газообразном топливе // Известия Международной академии аграрного образования. 2020. № 51. С. 32-36.

4. Шуханов С.Н., Кузьмин А.В., Хороших О.Н. Обзор и анализ исследований по износу в процессе пуска и прогрева двигателя // Известия Международной академии аграрного образования. 2021. № 57. С. 77-79.

5. Аносова А.И., Хороших О.Н. Методика определения безотказности и поиска неисправностей при диагностировании технических средств // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 181-183.

6. Shukhanov S.N., Kuzmin A.V., Polyakov G.N., Sukhaeva A.R., Kovalivnich V.D. Influence of air temperature on warming up the engine of automotive vehicles // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Scientific and Practical Conference "Ensuring Sustainable Development in the Context of Agriculture, Green Energy, Ecology and Earth Science" - Green Energy and Earth Science" 2021. С. 052003.

7. Аносова А.И., Ильин П.И. и др. Функциональная диагностика двигателей внутреннего сгорания // Известия Международной академии аграрного образования. 2022. № 58. С. 10-13.

8. Хороших О.Н., Шуханов С.Н. Силовые агрегаты // Учебное пособие. Иркутский ГАУ, п. Молодежный. 2022. - 178 с.

9. Сотникова М.В., Демьянова В.С., Дярькин Р.А., Канеева А.Ш. Анализ и прогнозирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от автотранспортного комплекса // Экология и Промышленность России. 2008. №7. С. 29-31.

10. Dusan Jandacka, Daniela Durcanska, Marek Bujdos. The contribution of road traffic to particulate matter and metals in air pollution in the vicinity of an urban road. Transportation research part Dtransportation and environment. 2017. No.50. Pp. 397-408.

УДК 656.09

# ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ВОИНСКИХ КОЛОНН ЭКИПАЖАМИ ВАИ И ГИБДД В УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ВОЕННОГО ВУЗА

Д.В. Вилисов, преподаватель[1]
А.В. Пчельников, канд. техн. наук[2]
[1]*Новосибирский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии*
[2]*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье затрагивается тема организации сопровождения воинских колонн применительно к условиям образовательной среды военного вуза. Раскрыта терминология выбранной тематики. Рассмотрены и представлены основные мероприятия, проводимые при организации вопросов сопровождения.

***Ключевые слова:*** водитель, автомобиль, воинская колонна, наряд сопровождения, безопасность дорожного движения.

Данная работа является продолжением нашего исследования об образовательной среде военного вуза [4, 5, 3], которое в данном случае посвящено вопросам обеспечения безопасности эксплуатации войскового транспорта, а именно вопросам организации сопровождения воинских колонн экипажами военной автомобильной инспекции (Далее – ВАИ) и государственной инспекции безопасности дорожного движения (Далее – ГИБДД) [5].

Официальные сайты подразделений ГИБДД и лента новостей социальных сетей ежедневно отображают информацию о произошедших дорожно-транспортных происшествиях (Далее – ДТП). Наверное, ещё не было такого дня в нашей стране, да и, наверное, во всём мировом сообществе, когда данные о ДТП, авариях и катастрофах не попали бы в таблицу ежедневной статистики.

Говоря о ДТП, все-таки следует сказать о цифрах, которые нас окружают, о цифрах за которыми скрываются полученные в результате столкновений травмы, материальны ущерб, а хуже всего гибель людей. С начала года на территории Российской Федерации допущено 79 402 ДТП, в которых погибло 8 706 человек, ранено 100 679 человек. В Новосибирской области допущено 1289 ДТП, в которых погибло 150 человек, ранено 1 610 человек [6].

ДТП не обходят стороной и все силовые ведомства нашей страны, приведём цифры статистики в войсках национальной гвардии Российской Федерации (Далее - войска) за девять месяцев текущего года. С начала года с участием личного состава военнослужащих войск произошло 76 ДТП, в результате которых 14 человек погибло, а 35 человек получили тяжёлые травмы. Основная причина допущенных ДТП, страшно даже говорить об этом – явилось **лихачество**, превышение установленной скорости движения, а самое роковое во всех этих причинах, так это **выезд на полосу, предназначенную для встречного движения.** Виной всему, конечно же, личная недисциплинированность, недостаточный стаж вождения, недооценка погодных и дорожных условий [10].

Сегодня же в нашей работе речь пойдёт о том, как сделать так, или что необходимо для обеспечения безопасности передвижения воинской колонны с личным составом или материально-техническими средствами. Начать, конечно же, хочется с терминологии, которая таится в названии нашей статьи.

Рассмотрим, что же под собой подразумевает сопровождение. Под ***сопровождением*** понимается комплекс мероприятий, который направлен на обеспечение безопасности дорожного движения следования транспортных средств по маршруту с применением автомобилей сопровождения. В свою очередь (рисунок 1) ***автомобилем сопровождения*** является транспортное средство, стоящее на укомплектовании подразделений ГИБДД и ВАИ, которое оборудовано устройством, при помощи которого инспектор подаёт специальные звуковые сигналы и управляет работой маячков синего и красного цвета, кроме того, на наружную поверхность данного автомобиля нанесена специальная цветографическая схема [7, 8, 11].




Рисунок 1. Автомобили сопровождения ВАИ и ГИБДД сопровождают колонну

При организации вопросов сопровождения, исходными данными данного мероприятия являются: дата и время начала сопровождения, состав наряда сопровождения и привлекаемые автомобили сопровождения, состав воинской колонны, маршрут следования, параметры груза, а также если протяженность маршрута большая, то также указываются пункты заправки горючим, места отдыха и питания.

Наряд сопровождения включает в себя подготовленных инспекторов военной автоинспекции, как правило водителя и того кто руководит данным мероприятием – старший наряда сопровождения.

В обязательном порядке все инспектора военной автоинспекции проходят специальную подготовку по программе подготовки водителей к управлению транспортными средствами категории «В» оборудованными устройствами для подачи специальных световых и звуковых сигналов (рисунок 2).

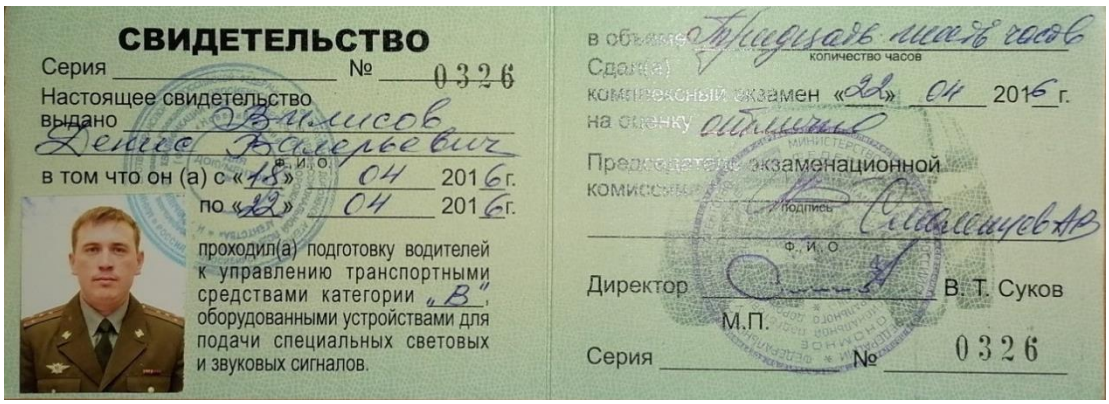


Рисунок 2. Свидетельство о подготовке водителя

Детально разберём, что же происходит в процессе сопровождения и кто за что отвечает в наряде сопровождения. Руководство организацией сопровождения транспортных средств, которая в себя включает наблюдение за транспортными средствами, определение скоростного режима *(в соответствии с требованиями Правил дорожного движения Российской Федерации)*, полосы и траекторией движения автомобилей на основании дорожной обстановки и метеорологических условий, свойств и состояния груза, характеристик сопровождаемых транспортных средств, поддержание связи с другими нарядами возлагается на старшего наряда сопровождения.

В обязательном порядке перед началом сопровождения проверяется [7]:

- наличие у водителей документов, которые необходимы для их допуска, а также допуска транспортных средств к участию в дорожном движении, соответствие перевозимого груза сопроводительным документам;
- транспортные средства, салоны автобусов, а также перевозимый груз с целью проверки правильности их размещения;
- визуальный осмотр транспортных средств, салонов автобусов с целью выявления технических неисправностей, которые угрожают безопасности дорожного движения;
- проводится инструктаж водителей сопровождаемых транспортных средств.

Управление автомобилем сопровождения, применение специальной световой и звуковой сигнализацией возлагается на водителя наряда сопровождения. Категорически запрещено перевозить в автомобиле сопровождения лиц, которые не входят в состав наряда сопровождения!

Основная задача, которая возлагается на наряд сопровождения, это предупреждение по маршруту следования дорожно-транспортных происшествий с участием сопровождаемых транспортных средств и обеспечение приоритетного передвижения по маршруту следования сопровождаемых транспортных средств [7].

В обязательном порядке нарядом сопровождения уделяется внимание, как встречным, так и попутным транспортным средствам которые перевозят крупногабаритные грузы в целях обеспечения безопасности дорожного движения сопровождаемых транспортных средств.

Обмен информацией между нарядами сопровождения военной автоинспекции и подразделениями Госавтоинспекции территориальных органов МВД России по вопросам обеспечения безопасности дорожного движения при передвижении воинских колонн, перевозке особо опасных, крупногабаритных и тяжеловесных грузов оборонного значения войск осуществляется по имеющимся открытым каналам радиосвязи.

При любых видах сопровождения на сопровождаемом транспортном средстве, движущемся последним в воинской колонне, устанавливается информационная табличка (рисунок 3).



Рисунок 3. Информационная табличка: «Внимание! Впереди воинская колонна!»

Сопровождение воинской колонны с применением экипажей ГИБДД осуществляется в случае привлечения сил и средств войск к выполнению задач по охране общественного порядка и обеспечению общественной безопасности на основании заявки на сопровождение [12]. В условиях образовательной среды военного вуза, заявка оформляется от лица начальника военного института на начальника Управления ГИБДД по Новосибирской области.

К заявке на сопровождение прилагаются:

- копии диагностических карт на все транспортные средства, входящие в состав воинской колонны;

- акты технического состояния.

Заявка должна быть подана не позднее, чем за десять календарных дней до планируемой даты передвижения колонны.

Подводя итог, хочется отметить, наверное, самое главное в вопросах организации сопровождения, это подготовку экипажей, экипажей как ВАИ, так и ГИБДД. Знание ими Правил дорожного движения и неукоснительное их выполнение [2]. Личная дисциплинированность, опыт и стаж работы в данном направлении, принципиальность в вопросах допуска к участию в дорожном движении, как водителей, так и транспортных средств.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вилисов, Д. В. Безопасная эксплуатация автобронетанковой техники в условиях образовательной среды военного вуза / Д. В. Вилисов // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XI региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 75-летию Инженерного института, Новосибирск, 11–12 ноября 2019 года. – Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2019. – С. 57-63.

2. Вилисов, Д. В. Военная автомобильная инспекция войск национальной гвардии Российской Федерации, и её задачи в работе по обеспечению безопасности дорожного движения среди военнослужащих - владельцев личных транспортных средств / Д. В. Вилисов, В. Ю. Авдюшенко // Современные аспекты развития и безаварийной эксплуатации автомобильной техники (бронетанкового вооружения и техники): Межвузовская научно-техническая конференция, Новосибирск, 30 мая 2019 года / Под общей редакцией С.А. Куценко. – Новосибирск: Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2019. – С. 38-42.

3. Вилисов, Д. В. О некоторых вопросах моделирования образовательной среды / Д. В. Вилисов // Военно-правовые и гуманитарные науки Сибири. – 2020. – № 4(6). – С. 159-162.

4. Вилисов, Д. В. Образовательная среда как педагогическое условие успешности обучения курсантов / Д. В. Вилисов // Сибирский педагогический журнал. – 2021. – № 2. – С. 90-98. – DOI 10.15293/1813-4718.2102.09. – EDN ZXAKQM.

5. Вилисов, Д. В. Показатели успешности курсантов в образовательной среде военного вуза (на примере изучения дисциплины «автомобильная подготовка») / Д. В. Вилисов // Мир науки, культуры, образования. – 2022. – № 1(92). – С. 11-13. – DOI 10.24412/1991-5497-2022-192-11-13. – EDN CBMQTN.
6. Показатели состояния безопасности дорожного движения. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://stat.gibdd.ru/, свободный (дата обращения: 04.10.2022).
7. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 января 2007 г. N 20 «Положение о сопровождении транспортных средств автомобилями Государственной инспекции безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации и Военной автомобильной инспекцией».
8. Постановление Правительства Российской Федерации от 30 августа 2007 г. N 548 «Об утверждении требований к транспортным средствам оперативных служб, используемым для осуществления неотложных действий по защите жизни и здоровья граждан».
9. Приказ Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 19 сентября 2017 года № 390 «Об утверждении Порядка сопровождения на дорогах общего пользования с применением автомобилей военной автомобилей военной автомобильной инспекции войск национальной гвардии Российской Федерации».
10. Распоряжение Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 03 октября 2022 года № 1/8437 «Обзор состояния безопасности военной службы (службы) за девять месяцев 2022 года».
11. Распоряжение Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 30 июня 2017 года № 1/4361 «Об утверждении Методических рекомендаций по нанесению цветографических схем, надписей, обозначений, установке специальных световых и звуковых сигналов на транспортные средства войск национальной гвардии Российской Федерации».
12. Совместный приказ МВД РФ и ФС ВНГ РФ от 5 ноября 2019 года № 762/371 «Об утверждении порядка рассмотрения вопроса о назначении сопровождения при передвижении воинской колонны войск национальной гвардии Российской Федерации с применением автомобилей Государственной инспекции безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации».

УДК 656.051

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ЗОНЕ ТРАМВАЙНЫХ ОСТАНОВОК НА ПЕРЕКРЕСТКЕ УЛ. ГУРЬЕВСКАЯ– УЛ. ЛЕНИНГРАДСКАЯ Г. НОВОСИБИРСК

А.С. Ворончихина, студентка,
И.В. Тихонкин, канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье рассмотрены вопросы организации безопасности дорожного движения в зоне трамвайных остановок и движения пешеходов на нерегулируемых переходах в условиях города, предложены рекомендации по совершенствованию дорожного движения на выбранном участке дороги и мероприятия по обеспечению безопасности движения людей и автотранспортных средств.

***Ключевые слова:*** безопасность дорожного движения, регулирование движения пешеходов по пути к трамвайным остановкам, пешеходный переход, посадочные площадки, устройства информирования.

Высокий темп развития автомобильного транспорта на дорогах Новосибирска требует существенного повышения пропускной способности и расширения улично-дорожной сети. Из-за интенсивного дорожного движения на улицах города стали появляться задержки в транспортных узлах, ухудшились условия движения, возросла аварийность на улично-дорожной сети. Особенно участились дорожно-транспортные происшествия на пересечении дорог и трамвайных путей. Аварийные ситуации могут произойти как из-за невнимательности пешехода, так и по вине водителя. Для обеспечения безопасного движения на дорогах требуется проведение мероприятий по изменению и улучшению состояния улично-дорожной сети.

В сводках городских информационных агентств рассматриваемый перекрёсток встречаются довольно часто: «13 сентября 2022 г. на пересечении улиц Гурьевская-Ленинградская кроссовер Renault Duster сбил девушку. Пострадавшая жива, сейчас находится в сознании. Она передвигалась по пешеходному переходу в то время, когда дорога была свободна». «Водитель на перекрестке ул. Гурьевской и Ленинградской решил совершить разворот в обратную сторону. На развороте не затормозил и сбил пешехода, дошедшего до трамвайных путей. Причиной аварии послужила невнимательность водителя, который не соблюдал скоростной режим и правила дорожного движения» (рис. 1 а, б).



*а)* *б)*

Рисунок 1 – Аварийная ситуация на перекрестке ул. Гурьевская и ул. Ленинградская

По мнению ряда авторов, конфликтные ситуации между пешеходами, идущими к трамвайной остановке, и транспортными средствами обычно возникают при переходе пешеходами проезжей части и зависят:

– от разных типов поведения пешеходов;

– пространственной организации трамвайной остановки, а также ее технической оснащенности;

– удаленности остановочной платформы от тротуара;

– создания комфортных и безопасных условий для ожидания приближающегося транспорта [1].

Снижению дисциплинированности участников дорожного движения способствует современное состояние отдельных дорог на территории города, а именно не корректное оборудование пешеходного перехода, отсутствие светофорных объектов.

Сложность данного участка улично-дорожной сети в том, что непосредственно перед остановочным пунктом расположены пересечение автомобильной дороги для выезда с территории Октябрьского рынка и нерегулируемый пешеходный переход. Непосредственное примыкание к проезжей части крытых павильонов и отсутствие обзорности для водителей транспортных средств и пешеходов, а также расположение необорудованной остановочной платформы для посадки-высадки пассажиров вынуждают пассажиров ожидать трамвай непосредственно на пешеходном переходе и создавать условия для взаимного недопонимания участников дорожного движения об их намерениях. Сужение проезжей части у остановочной платформы даже в летний период времени провоцирует опасность возникновения аварийных ситуаций из-за маленькой дистанции между транспортными

средствами. В зимний период из-за наличия накатов на проезжей части и неубранного снега, сползающего под собственной тяжестью с крыш строений на полотно дороги, для проезда на данном участке доступна лишь одна полоса.

Наблюдения за поведением участников движения проводились в межсезонье и летний период 2022 года. В ходе проведения хронометражных наблюдений был выполнен подсчет числа транспортных средств, проезжающих через перекресток в единицу времени, а также учет количества пассажиров, выходивших из трамвая. Результаты наблюдений показали, что на пересечении улиц Гурьевская–Ленинградская в утренние часы с 8:00 до 9:00 проехало 704 единицы транспортных средств. Основной поток транспорта – 356 автомобилей – двигался по ул. Гурьевской в направлении ул. Кирова, 190 машин проехало по ул. Ленинградской, 114 единиц транспортных средств повернули с ул. Ленинградской в направлении ул. Гурьевской, (пересекли трамвайные пути) и 44 автомобиля свернули направо на ул. Ленинградская. Таким образом, только на этом небольшом участке траектории движения 57 % от общего потока автомобилей пересеклись с движением пассажиров общественного транспорта. Количество пассажиров, вышедших из трамвая и пересекавших проезжую часть в одном лишь направлении, в строну Октябрьского рынка, представлено в таблице 1.

*Таблица 1*

Расчет пассажиров за период времени

| Трамвай №13<br>Гусинобродское шоссе – ул. Писарева | | Трамвай №13<br>ул. Писарева –Гусинобродское шоссе | |
|---|---|---|---|
| Время | Кол-во чел. | Время | Кол-во чел. |
| 8:27 | 8 | 8:25 | 7 |
| 8:31 | 7 | 8:29 | 8 |
| 8:35 | 2 | 8:34 | 9 |
| 8:39 | 7 | 8:40 | 2 |
| 8:44 | 1 | 8:45 | 9 |
| 8:50 | 7 | 8:51 | 3 |
| 8:55 | 5 | 8:56 | 5 |
| 8:59 | 0 | 9:00 | 7 |

По результатам наблюдений, можно сделать вывод, что данный перекресток является достаточно оживленным. Отсутствие ограждений, разделяющих проезжую часть и остановочную платформу, спровоцировали отдельных пассажиров к несоблюдению правил дорожного движения и созданию аварийных ситуаций на дороге. Для обеспечения безопасности участников дорожного движения на данном участке улично-дорожной сети требуется выполнение всех предписанных стандартов.

В настоящее время существующая площадка для посадки и высадки пассажиров не соответствует нормативным требованиям. Узкая платформа, уступом в сторону дороги, вынуждает водителей при движении в два ряда проезжать в непосредственной близости, практически вплотную к ожидающим транспорт пассажирам. Металлические ограждения, установленные при благоустройстве остановочного пункта, были демонтированы практически сразу через две недели после их монтажа. На данном участке отсутствует дорожная разметка, указатель пешеходного перехода, при этом на расстоянии нескольких метров – перекресток с активным трафиком движения транспорта и пешеходов, следующих с рынка и обратно, что вынуждает водителей вновь притормаживать.

Одним из главных условий является выполнение предписанных нормативных требований к организации остановочных пунктов и размещению павильонов в непосредственной близости.

Согласно СП 98.13330.2018 «Трамвайные и троллейбусные линии» на остановочных пунктах необходимо, как правило, предусматривать павильоны или навесы для пассажиров. В климатических подрайонах IА, IБ и IГ должно быть предусмотрено устройство ограждений от ветровых воздействий и атмосферных осадков. Посадочные площадки следует размещать в одном уровне с проезжей частью или выше (не более 30 см) верха головок рельсов. При расположении путей на обособленном или самостоятельном полотне посадочные площадки должны иметь твердое покрытие. При расположении путей в одном уровне с проезжей частью улицы места посадки и высадки пассажиров должны быть ограждены маркировочными линиями (рис. 2).

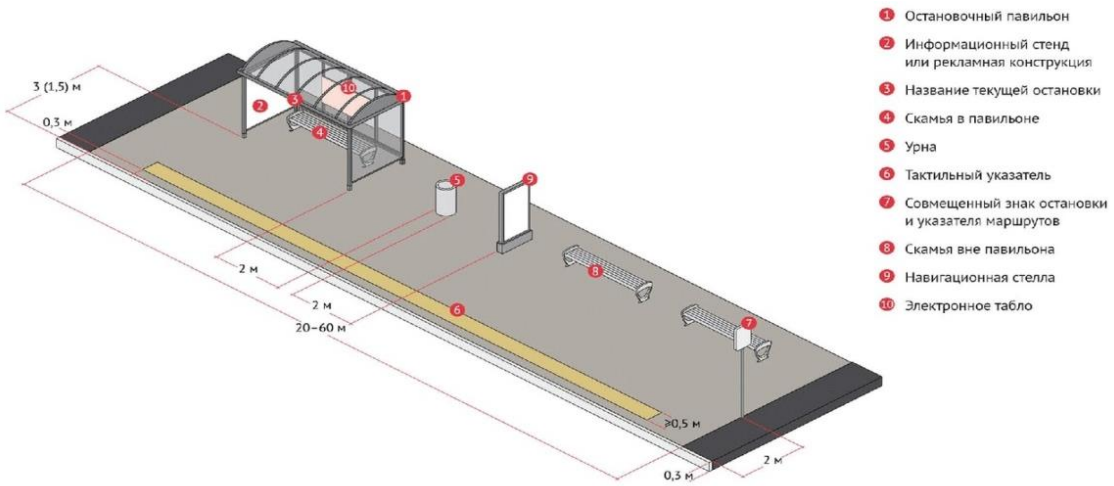



Рисунок 2 – Размещение объектов на посадочной площадке в соответствии с требованиями

Длину посадочной площадки следует принимать на 5 м больше расчетной длины поезда (вагона). Ширина посадочной площадки определяется в зависимости от расчетного числа пассажиров, но не менее 1,5 м (рис. 3) [2].

Для обеспечения безопасности участников дорожного движения на наш взгляд провести мероприятия по обеспечению регулирования потоков движения пешеходов, пассажиров и по возможности разделить по времени основные людские и транспортные потоки. Примеры организации движения на нерегулируемых перекрестках рассматривался ранее в работах авторов и других исследователей [3-5].

Необходимо обеспечить информирование потенциальных пассажиров о месте размещения остановочного пункта общественного транспорта, информационного указателя с обозначенными интервалами движения по маршруту, создать необходимые условия для ожидания транспорта, физическими ограждениями обособить место остановки трамвая от движущегося потока транспортных средств.

На рассматриваемом участке улично-дорожной сети целесообразно проведение ремонта дорожного покрытия, обустройство твердого покрытия межрельсового пространства вдоль остановочной платформы и по маршруту движения пешеходов от платформы до тротуара. Установка транспортного и пешеходного светофора перед перекрестком указанных улиц с адаптивным регулированием, ориентированных в первую очередь на пропуск потока пассажиров к приближающемуся трамваю, позволит снизить количество аварийных ситуаций, связанных с внезапным появлением перед автомобилями пешеходов, спешащих к трамваю или от него (рис. 3 а, б).



*а)* *б)* *в)* *г)*

Рисунок 3 – Примеры установки светофорных объектов

Для безопасного передвижения через дорогу в темное время суток возможно внедрение проекционного пешеходного перехода, при которых появляется возможность распознавать «зебру», а также лучше видеть пешеходов в плохую погоду. Пешеходные переходы оборудуются специальными устройствами для проекции дорожной разметки (рис. 3 в, г). Важно понимать, что технология не заменяет пешеходный переход, а дублирует его в темное время суток и плохую погоду (туман, снег, дождь), чаще всего именно при таких условиях происходят максимальное количество дорожно-транспортных происшествий с пешеходами. Эта технология применяется в разных странах, но в РФ она получила максимальное распространение [6].

Предлагаемые решения позволят создать благоприятные условия для обеспечения безопасности движения пешеходов на выбранном участке дороги. Также, выполнение данных мероприятий позволит обеспечить повышенное внимание водителей к дорожной обстановке на участках улично-дорожной сети. Вышеуказанные решения позволят значительно снизить аварийность на дорогах города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаева, Р.В. Обеспечение безопасности и оптимизация пространственного решения в зоне трамвайных остановок / Р.В. Николаева, А.А. Ибрагимова // Вестник НЦБЖД. – 2021. – № 3(49). – С. 103-109. – EDN OZKKPS. – URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46503175

2. Свод правил. Трамвайные и троллейбусные линии. Актуализированная редакция. СП 98.13330.2012.– URL: https://docs.cntd.ru/document/1200094056

3. Соколов, А.С. О способах информирования участников дорожного движения о намерениях на нерегулируемых участках городских улиц / А.С. Соколов, Л.Д. Стороженко, И.В. Тихонкин // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы IX региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 09–10 октября 2017 года / Новосибирский государственный аграрный университет. Инженерный институт. – Новосибирск: ИЦ "Золотой колос", 2017. – С. 179-182.

4. Тихонкин, И.В. Совершенствование организации движения на регулируемых пешеходных переходах в условиях города / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, А.В. Сухосыр // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 350-353.

5. Тихонкин, И.В. Совершенствование организации движения пешеходов на нерегулируемых переходах в условиях г. Новосибирск / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, Т.В. Возженникова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15

декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 347-350.

6. Степанов, А.А. Организация безопасности пешеходного движения в зимний период на территории студенческого городка университета / А.А. Степанов, Т.В. Возженникова, И.В. Тихонкин // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник V национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 28 февраля 2022 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2022. – С. 742-747. – EDN KKQRHU.

УДК 656.056

# СОГЛАСОВАННОЕ СВЕТОФОРНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ АРТЕРИЯХ Г. НОВОСИБИРСКА

А.С. Ворончихина, студентка
Т.В. Возженникова, ст. преподаватель
И.В. Тихонкин, канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

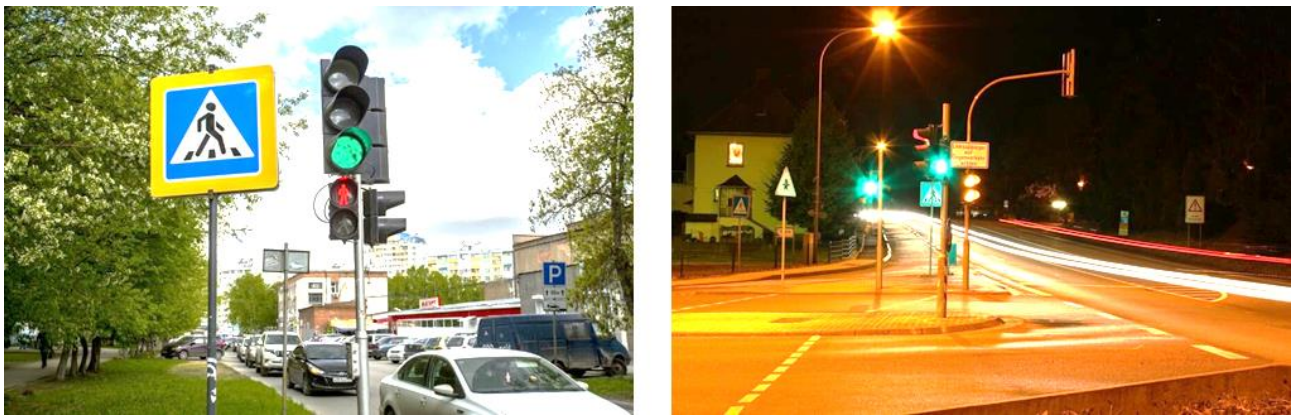
***Аннотация.*** В статье рассмотрены вопросы адаптивного регулирования дорожного движения светофорными объектами на основных транспортных артериях города, предложены рекомендации по совершенствованию дорожного движения и мероприятия по обеспечению безопасности движения людей и автотранспортных средств.

***Ключевые слова:*** светофорное регулирование движения, светофорные объекты, «зеленая волна» на улицах города.

Сложной проблемой крупных городов является загруженность автотранспортных дорог. Решением данной проблемы занимаются давно и различными способами, например, строительство новых магистралей, ввод нового типа транспорта (метро), перераспределение потоков движения.

Светофорное регулирование является одним из эффективных методов повышения безопасности дорожного движения и регулирования транспортных пешеходных потоков. Светофорные объекты, использующие индивидуальные автоматические переключатели светофорных сигналов и работающие в одном или нескольких жестких режимах, проектируют на пересечения автомобильных дорог. При значительном взаимном удалении светофорных объектов друг от друга такой способ регулирования дает хорошие результаты. Необходимыми условиями для этого являются обоснованная установка светофора и оптимальное назначение режима его работы в зависимости от объемов транспортного и пешеходного движения планировочной характеристики пересечения автомобильных дорог.

В Центре организации дорожного движения (ЦОДД) разработали программу, которая позволяет водителям непрерывно проезжать светофоры, не тратя время на ожидание. Этот принцип регулируется за счет датчиков, которые переключают режим светофора, когда к нему подъезжает машина. Система предполагает движение со средней рекомендованной скоростью около 40–60 километров в час. Теоретически при равномерной скорости водитель проедет перекрестки, не останавливаясь на красный свет. Соблюдая скоростной режим, предусмотренный на выбранном участке дороги, автомобиль попадет в «зеленую волну» без каких-либо специальных знаний (рис.1, а).



*а)* *б)*

Рисунок 1 – Пример «зеленой волны» на перекрестках

Как правило, временной сдвиг при переключении сигнала светофора зависит от загруженности дороги в некоторые часы. Порой светофорная цепочка настраивается таким образом, что для попадания в волну автомобиль должен применять различную скорость. Например, в центре она равна 35-40 км/ч, а на окраине – 60 км/ч. Нельзя точно сказать, где именно и когда нужно применять разную скорость, так как это приходит к водителю с опытом. Однако даже этот фактор является не единственным препятствием к тому, чтобы попасть в «зеленую волну» (рис.1, б).

Интеллектуальные транспортные системы как раз и предназначены для мониторинга обстановки в городе и перенастройке циклов режимов работы светофорных объектов с учетом загруженности всех перекрестков в непосредственной близости. При этом приоритет на право проезда предоставляется общественному транспорту. На автомобильных дорогах и магистралях, осуществляющих вывод основных транспортных потоков за пределы города, автоматизированные системы управления дорожным движением должны обеспечивать «зеленую волну» именно в указанных направлениях для того, чтобы минимизировать пребывание транзитного транспорта в черте города, сократить время простоев автомобилей на перекрестках.

Одним из таких оживленных направлений движения автомобильного транспорта, так называемых «коридоров» в г. Новосибирск являются улицы Кирова и Никитина, обеспечивающие проезд транзитного транспорта из районов Новосибирской области, Кемеровской области, Республики Алтай и Алтайского края [1]. Международный аэропорт г. Новосибирска является еще одним из пунктов притяжения легкового автомобильного транспорта не только жителей города и области, но и соседних регионов. Одной из востребованных улиц для этой категории автомобилистов также является улица Никитина, специально для них на пересечении вышеназванных улиц размещен один из немногих указателей направления движения в сторону аэропорта.

В то же время многолетние наблюдения авторов, опросы городских и приезжих водителей, а также хронометражные и натурные эксперименты, проводимые в весенне-летний период в разное время суток, в будние и выходные дни показали, что попадание в «зеленую волну» по улице Никитина является для них событием практически неосуществимым.

Вот как описывает один из водителей свой многолетний опыт прохождения «квест – зеленая волна по Никитиной»: «Поворот с ул. Кирова на ул. Никитина – на зеленый сигнал светофора, время горения которого 26 секунд. Третий автомобиль во втором ряду, поэтому общественный транспорт не помеха, скорость 20 км/ч, движение на минимальной скорости в ожидании разрешающего на перекрестке ул. Ленинградской. На последних метрах перед впереди стоящими машинами загорается зеленый. В движении необходимо сохранять скорость 30-40 км/ч, тогда возможно на последних секундах есть шанс пройти светофор на ул. Тургенеева. Далее необходимо ускоряться до 60-70 км/ч, если впереди не окажется

других автомобилей и на этом участке никто не «подрежет», то можно успеть проскочить светофор на ул. Лескова. Затем два варианта – либо значительное превышение разрешенной скорости и проезд на мигающий зеленый, либо сбрасывать скорость до минимально возможной и так двигаться до ул. Короленко. Если это удается, то перестраиваемся во второй ряд и возможно прохождение перекрестка ул. Пролетарская на последних секундах разрешенного сигнала светофора, при условии, что никого в этом ряду впереди вас нет, и тогда не имеет значения скорость движения, так как все одно на ул. Воинская уже горит красный. Если же вам удалось, перестраиваясь из полосы в полосу все же проскочить на мигающий зеленый, то светофор на ул. Панфиловцев вас остановит». Алгоритм движения существенно меняется, если вы совершаете поворот с ул. Кирова на ул. Никитина со стороны ул. Выборная.

Многие автолюбители – жители Октябрьского района годами нарабатывают свой опыт проезда по одной из основных транспортных артерий города, проезд части маршрута по параллельным улочкам, выбор полосы и скорости движения, терпеливое ожидание в пробках. И это в эпоху интеллектуальных транспортных систем, автоматизированных систем управления, выделенных полос для движения общественного транспорта на отдельных улицах города, широкому внедрению навигационных систем на транспорте.

На протяжении всего нескольких километров размещено значительное количество несогласованных друг с другом светофоров, даже расположенных в нескольких десятках метров, при визуальном контакте и видимости времени горения разрешающего сигнала на следующем перекрестке. Время цикла работы зеленого сигнала светофора на нескольких перекрестках составляет 40 секунд, причем сигнал включается одновременно на нескольких расположенных рядом перекрестках. Водитель, начинающий движение на зеленый сигнал с одного светофора, при отсутствии машин перед ним успевает подъехать к следующему светофору на последних секундах. На расстоянии двести метров расположен следующий светофор, на котором к этому времени загорается красный со временем ожидания 20 секунд.

Можно было бы понять алгоритм работы необходимостью регулирования движения равнозначных дорог, НО зачастую ритмичное согласованное движение с рекомендуемой скоростью потока на нескольких перекрестках неожиданно прерывается красным сигналом для пропуска с второстепенных улиц двух-трех машин. Время запрещающего сигнала практически двукратно превышает необходимое для пропуска максимального числа автомобильного транспорта с данных направлений.

Если учитывать все вышеперечисленные трудности, можно с уверенностью сказать, что попасть в «зеленую волну» и продержаться в ней какое-то время – это очень большое везение. Когда работает «зеленая волна» время задержки у светофоров сокращается на 20%, а скорость повышается на 5-10%.

В дневное время волна включается лишь на некоторое время – когда наблюдается час пик. Устройства не могут слишком долго держать дороги «зелеными», так как из-за этого могут встать пересекающие улицы. Кроме того, в современном мире пешеход вполне может сбить «зеленую волну», если нажмет на кнопку у перехода.

На рассматриваемом участке всего один такой переход, и по удивительному стечению обстоятельств, расположен он именно напротив остановки общественного транспорта «Аграрный университет», где в Инженерном институте ведется подготовка специалистов по профилю «Организация и безопасность движения». Студенты профиля в материалах публикаций своих наблюдений и исследований неоднократно приводили примеры влияния несогласованности движения пешеходов и систем регулирования движения как на регулируемых, так и нерегулируемых перекрестках [2, 3]. Одной из основных причин, влияющих на неравномерность потока транспорта, в т.ч. и под управлением светофора является несогласованность включения разрешающего сигнала по запросу пешехода на переход улицы [4]. И если данную задачу можно решить программным способом, то факт хаотичного, непредсказуемого перехода пешеходами улицы с оживленным движением транспорта по двум полосам в каждом направлении по нерегулируемому пешеходному

переходу даже интеллектуальной транспортной системе невозможно предусмотреть и внести соответствующие коррективы.

Достаточно часто можно наблюдать картину, когда один пешеход завершает движение по нерегулируемому пешеходному переходу, а другой только начинает движение, вновь останавливая начавшееся движение транспорта. Помимо вышеуказанных перекрестков, нерегулируемые пешеходные переходы размещены на ул. Далидовича, Красноармейская, Карла Либкнехта. Десятки других обозначенных и необозначенных дорожными знаками и разметкой останавливают движение автомобилей, пропускающих пешеходов, при совершении поворота, что также в существенной мере влияет на пропускную способность улиц.

В период подготовки материалов статьи авторами был проведен эксперимент – движение на автомобиле ранним утром, практически по пустому городу по одному из востребованных горожанами и гостями сибирской столицы маршрутов. Соблюдая установленный дорожными знаками на разных улицах города скоростной режим, при движении в утренние часы с 5-00 до 6-00, по одной полосе двигался один автомобиль. Общая протяженность экспериментального маршрута составила порядка 50 км. Несмотря на то, что другие участники движения практически не препятствовали перестроениям, поворотам, проезду перекрестков и движение начиналось по разрешающему сигналу светофора – водители–исследователи «собрали» все красные сигналы светофоров по пути следования, и это в пустом городе. По улице Никитина удалось проехать практически без остановок – светофоры работали в режиме «желтый мигающий», НО на перекрестке ул. Панфиловцев водитель был вынужден остановить автомобиль – традиционно загорелся красный сигнал.

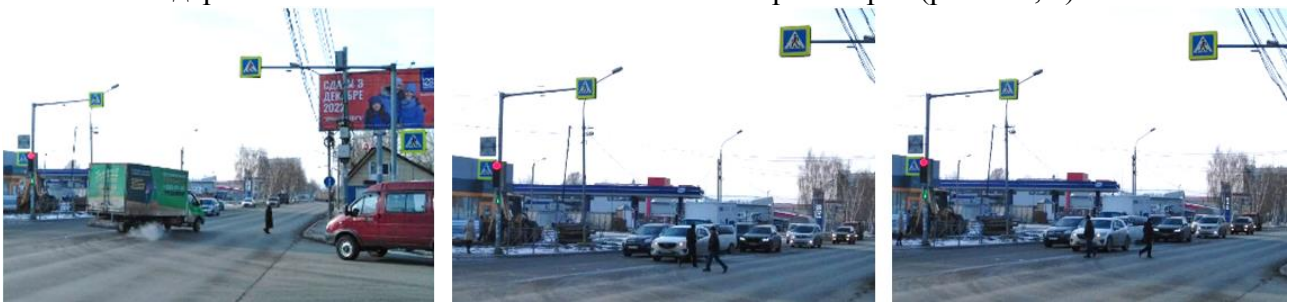
Проезд перекрестка автомобилистами по ул. Панфиловцев, равно как и переход ул. Никитина пешеходами на один разрешающий сигнал светофора, без нарушений правил дорожного движения требует особого внимания со стороны специалистов по организации дорожного движения. Стоп-линия на ул. Панфиловцев перед светофором расположена перед трамвайными путями за 40 метров до перекрестка (рис. 2 а). Ремонт дорожной одежды в месте примыкания трамвайных путей и автомобильной дороги был произведен в период подготовки публикации (рис. 2 б, в). Время горения разрешающего сигнала светофора 18 секунд, даже после выполнения косметического ремонта дороги, автомобиль стоящий третьим в очереди успевает осуществить поворот на ул. Никитина на последней секунде разрешающего сигнала светофора, и это при условии, что ему не препятствовали переходящие проезжую часть пешеходы. Четвертый автомобиль – уже становится нарушителем, стоп-линию он пересек, если не выехал на перекресток – остановился за линией, если выехал – спровоцировал аварийную ситуацию (рис. 2 г). Бдительно следящие за перекрестком транспортные камеры видеонаблюдения не оставляют шансов. Хронометраж за движением пешеходов показал, что человек высокого роста, спортивного телосложения, с широким шагом около одного метра за 18 секунд успевает преодолеть проезжую часть при условии начала движения одновременно с зеленым сигналом светофора.



*а)* *б)* *в)* *г)*

Рисунок 2 – Пересечение автомобильной дороги и трамвайного полотна на ул. Панфиловцев

Пожилой человек, родители с ребенком, школьник – начавшие движение только после того как убедились в том, что автомобили действительно остановились перед светофором, не успевают перейти улицу на разрешенный сигнал (рис. 3 а). Вновь возникает опасная ситуация – водители стремящиеся избежать штрафа торопятся и проезжают, препятствуя движению пешеходов, либо вынуждены резко притормаживать, и в том и другом случае возникает задержка основного потока автомобильного транспорта (рис. 3 б, в).



*а)* *б)* *в)*

Рисунок 3 – Движение пешеходов по пешеходному переходу ул. Никитина

В транспортном сообщении улица Панфиловцев, несмотря на свои малые размеры, является очень важной артерией. Она соединяет несколько основных транспортных коридоров Октябрьского района – ул. Богаткова, ул. Добролюбова и ул. Никитина [5]. В случае незначительного снижения пропускной способности данного участка возникает существенное затруднение проезда по указанным выше улицам. И если расширение улиц не всегда приводит к увеличению пропускной способности, то создание условий для повышения пропускной способности перекрестков значительно снижает аварийность на дорогах города. Применительно к улице Панфиловцев может быть модернизация трамвайного полотна на перекрестке, что повысит время проезда, выделение дополнительных полос для автомобилей, совершающих поворот направо, перераспределение потоков движения пешеходов.

Примеры возможного решения частично реализованы на перекрестке ул. Кошурникова – ул. Никитина, трамвайные рельсы уложены в один уровень с асфальтом дороги (рис.4 а), распределение потоков автомобилей, двигающихся в разных направлениях с выделением дополнительной полосы для поворота направо (рис.4 б), ограничение на движение пешеходов на данном участке. В результате проведенных мероприятий удалось обеспечить более высокую пропускную способность автомобильного транспорта. Так, например, за 34 секунды на зеленый сигнал через перекресток только со стороны ул. Кошурникова проехало 15 автомобилей, т.е. почти каждые две секунды один автомобиль (рис.4 в).



*а)* *б)* *в)*

Рисунок 4 – Движение транспорта на пересечении ул. Кошурникова – ул. Никитина

Результаты проводимых наблюдений, анализ литературных источников, опыта других городов по внедрению автоматизированных систем управления дорожным движением демонстрируют необходимость внимательного изучения существующей ситуации и внесения корректировок и перенастройки системы управления. Необходимо размещение в местах движения пешеходов ограждений, препятствующих несанкционированному выходу людей на проезжую часть, создание условий для беспрепятственного пропуска транзитного транспорта в направлении выезда из города по основным транспортным артериям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Храмкова, Н.С. Предложения по совершенствованию организации движения на участке улично дорожной сети в Октябрьском районе г. Новосибирска / Н.С. Храмкова, И.В. Тихонкин // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 11 ноября 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2020. – С. 160-161. – EDN ZVBOML.

2. Тихонкин, И.В. Совершенствование организации движения на регулируемых пешеходных переходах в условиях города / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, А.В. Сухосыр // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 350-353.

3. Тихонкин, И.В. Совершенствование организации движения пешеходов на нерегулируемых переходах в условиях г. Новосибирск / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, Т.В. Возженникова // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XIII международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию кафедры Надежности и ремонта машин ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, Новосибирск, 15 декабря 2021 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2021. – С. 347-350.

4. Соколов, А.С. О способах информирования участников дорожного движения о намерениях на нерегулируемых участках городских улиц / А.С. Соколов, Л.Д. Стороженко, И.В. Тихонкин // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы IX региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 09–10 октября 2017 года / Новосибирский государственный аграрный университет. Инженерный институт. – Новосибирск: ИЦ "Золотой колос", 2017. – С. 179-182. – EDN SULHFY.

5. Тропина, М.А. Совершенствование организации дорожного движения и развитие улично-дорожной сети вблизи жилого комплекса "Никольский парк" города Новосибирска / М.А. Тропина, И.В. Тихонкин // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. – 2022. – № 2(5). – С. 48-53. – DOI 10.52170/2712-9195/2022_2_48. – EDN BZTHGF.

УДК 656.072

# ОСТАНОВОЧНЫЙ ПАВИЛЬОН КАК БАЗОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ ТРАНСПОРТНО-ПЕРЕСАДОЧНОГО ПУНКТА В СИСТЕМЕ МАРШРУТНОГО ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

Е.А. Грико[1], А.С. Ворончихина[1]
И.В. Тихонкин, канд. техн. наук, доцент [1]
А.И. Тихонкина[2]
[1]*Новосибирский государственный аграрный университет*
[2]*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*

***Аннотация.*** В статье рассмотрены вопросы совершенствования организации движения городского маршрутного транспорта с использованием транспортно-пересадочных пунктов, современных остановочных павильонов с информационным сопровождением как объекта привлечения и накопления пассажиров, заинтересованных в использовании подвижного состава общественного транспорта для осуществления поездок по городу.

***Ключевые слова:*** остановочный павильон, информативность остановочных павильонов, транспортно-пересадочный пункт, транспортно-пересадочный узел, маршрутный городской транспорт, пассажирский транспорт, общественный транспорт.

Современные тенденции развития городского общественного транспорта ориентированы на использование вместительного низкопольного пассажирского транспорта, способного обеспечить перевозку пассажиров по обособленным выделенным полосам движения. Несмотря на наличие в сибирском регионе ряда городов, активно внедряющих современный вместительный подвижной состав, Новосибирский общественный транспорт представлен в основном устаревшими морально и физически, либо модернизированными, трамваями и троллейбусами, а также маршрутными транспортными средствами, как правило, небольшой вместительности отечественного производства. Обновление автобусного парка города современным подвижным составом в последние годы производится, но идет достаточно медленно и в ограниченном объеме. Вместимость вновь приобретаемых автобусов не позволяет обеспечить необходимую провозную способность на многочисленных маршрутах многомиллионного города.

Отсутствие единой информационной среды под управлением диспетчерского центра сдерживает внедрение современных методов организации движения общественного транспорта. По основным транспортным коридорам в общем потоке с автомобилями двигаются маршрутные такси, троллейбусы и автобусы. При этом традиционно сложившиеся на протяжении ряда лет маршруты принципиально не меняются, зачастую на многих участках улично-дорожной сети дублируют друг друга, создавая кажущуюся насыщенность и оживленность, но не обеспечивающей полную и достаточную связность отдельных районов города. Десятки маршрутов, сотни единиц подвижного состава сосредоточены на основных улицах районов города и при этом значительные территории абсолютно не охвачены вниманием перевозчиков (рис.1).



*а)* *б)* *в)*

Рисунок 1 – Схема маршрутов, проходящих через участок улично-дорожной сети по ул. Выборная: а) автобусы; б) маршрутные такси; в) дублирование

Многолетние наблюдения за движением маршрутного пассажирского транспорта на отдельных участках показывают, что на протяжении десятка лет ситуация особо не изменяется. Анализ доступности общественного транспорта для жителей Октябрьского района на примере участка по ул. Выборная, а также графиков движения показывает, что общее число маршрутов городского пассажирского транспорта с двенадцати в 2012 году сократилось до девяти в 2022 году (рис.1, а, б). При этом отдельные маршруты по данным информационных ресурсов – городского общественного транспорта Новосибирска (https://yandex.ru/maps/65/novosibirsk/transport) и центра управления городским автоэлектротранспортом (https://map.nskgortrans.ru/) представлены лишь несколькими единицами подвижного состава на маршруте. Так, например, во время подготовки материала на линии находились один-два автобуса № 31, от двух до пяти маршрутных такси № 42, равное им количество автобусов маршрута № 75.

Маршруты движения автобуса № 31 и маршрутного такси № 11 практически полностью дублируют друг друга до остановки «гостиница Обь», автобус № 75 проходит по одному и тому же маршруту на 4 остановки дальше, чем маршрутное такси № 45, а маршруты автобусов № 13 и № 18 дважды совпадают на достаточно значительных отрезках пути (рис.1, в). Практически весь общественный транспорт на обследуемом участке начинает движение с остановки «Ключ-Камышенское плато» и до остановки «Инюшенский бор» следует по одному маршруту.

Аналогичная ситуация с дублированием маршрутов на протяжении ряда лет складывается и в других районах города. Способы возможного решения с учетом создания условий привлекательности использования не прямых маршрутов за счет обеспечения подвоза пассажиров из спальных районов к накопительным пересадочным пунктам маршрутными транспортными средствами малой вместимости, жестко соблюдающими согласованный график движения, а также внедрение единого тарифа оплаты проезда на подвозных маршрутах и магистральном транспорте были представлены авторами ранее [1].

Для реализации предложенного необходимо определить места возможного расположения пересадочных пунктов в районах города, с учетом размещения современных остановочных павильонов, повышенного комфорта и вместимости для накопления и осуществления посадки-высадки пассажиров. Для принятия решения необходимо учитывать тот факт, что пассажирообмен пересадочного пункта или узла значительно выше пассажирообмена остановочного пункта.

Транспортно-пересадочные узлы целесообразно размещать в непосредственной близости от станций метро, а транспортно-пересадочные пункты в местах пересечения основных транспортных маршрутов городского транспорта, соединяющих районы города (рис.2, а, б). Влияние оказывает удобство размещения, время подхода к остановочному пункту, среднее время ожидания подвижного состава, среднее время пересадки на транспортные средства другого маршрута [2].



*а)* *б)* *в)*

Рисунок 2 – Варианты возможного месторасположения транспортно-пересадочных узлов и пунктов в отдельных районах г. Новосибирск

Целесообразно предусмотреть условия для использования прилегающих территорий в качестве перехватывающих парковок для личного транспорта жителей, предпочитающих выезд в центр города на общественном транспорте (см. рис.2, в). Для этого необходимо соблюдение ряда рекомендаций, основанных на сформированном европейском опыте, таких как: максимально кратчайшие пешеходные расстояния до перронов общественного транспорта, удобно ориентированные въезд-выезд, инженерное и информационное обеспечение стоянки, обеспечение необходимых мер безопасности, обеспечение необходимого уровня качества обслуживания [3].

Наиболее подходящим участком на местности оказалось пересечение улиц Выборная, Рябиновая и Кленовая в Октябрьском районе (рис.2, в). Прилегающая непосредственно к проезжей части территория позволяет разместить не только остановочные павильоны, но и место для парковки личного и маршрутного транспорта, диспетчерский центр, пункт технического обслуживания и разместить необходимые технические средства организации дорожного движения для регулирования и обеспечения безопасного маневра и движения вместительного подвижного состава (рис.3).

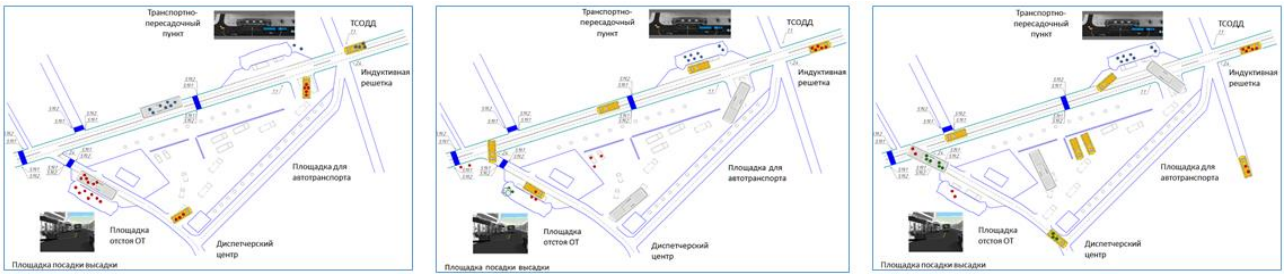


*Man Lion's City GXL* *НефАЗ-52995* *ЛиАЗ-52927* *ЛиАЗ-6212*

Рисунок 3 – Вместительные низкопольные модели автобусов для города

Удобное расположение транспортно-пересадочного пункта на ул. Выборная позволит обеспечить комфортное маневрирование вместительного подвижного состава, например, автобусов или троллейбусов, организовать площадку для высадки пассажиров, безопасного разворота в городских условиях и заполнения салона заранее оплатившими поездку пассажирами из остановочного павильона (см. рис.4, а). Безопасный левый поворот при выезде автобусов с площадки отстоя на улицу Выборная возможен при согласованной работе индукционной петли, установленной в дорожное полотно, и светофорного объекта. При расположении автобуса над индуктивной петлей сигналы светофора перекрывают движение транспорта по улице и обеспечивают маневр габаритным автобусам (рис.4, б, в).

Подвоз пассажиров к остановочному павильону может быть осуществлен маршрутными средствами малой вместимости из ближайших микрорайонов, в т.ч. коттеджных поселков и жилых районов, расположенных на небольшом удалении от традиционно существующих маршрутов общественного транспорта. Высадка производится непосредственно в павильон, что позволит исключить повторную идентификацию пассажиров, оплативших проезд (рис.4, б). Далее в маршрутные средства малой вместимости из остановочного павильона на ул. Рябиновая осуществляется посадка пассажиров, которые продолжают свое движение по маршрутам до конечных пунктов назначения (рис.4, в).




*а)* *б)* *в)*

Рисунок 4 – Схема расположения объектов и движения маршрутных транспортных средств на территории транспортно-пересадочного пункта

Таким образом, на основных магистралях города по выделенным полосам будут двигаться вместительные транспортные средства с известными интервалами движения, а маршрутные такси малой вместимости выполнять транспортные задачи по обслуживанию пассажиров на окраине города, в спальных районах и микрорайонах, примыкающих к основным транспортным коридорам, в соответствии с утвержденным графиком движения.

В условиях сибирского климата необходимо позаботиться и о комфорте пассажиров, ожидающих городской общественный транспорт и отказавшихся от использования личного автомобиля. Ряд компаний решают поставленные задачи по проектированию, дизайну и производству остановочных павильонов, отвечающих современным требованиям и запросам жителей города (рис.5).




*а)* *б)* *в)* *г)*

Рисунок 5 – Остановочные павильоны для городского маршрутного транспорта

Остановочный комплекс «Сити модуль шоп Смарт» с видеонаблюдением и зарядкой мобильных устройств, рекламным оформлением комплекса (лайт-бокс, рекламные вывески, информационные и рекламные мониторы и экраны) (рис.5, а) и «Умный теплый остановочный павильон» для северных климатических регионов с размещением навесного (или встроенного) климатического оборудования – тепловой завесой, климат-контролем, кондиционером, безопасными закрытыми ИК-обогревателями, комплектацией «SMART», интерактивной панелью, дополнительной комплектацией UV-Lamp (УФ-подсветка) и UV-Re (размещение обеззараживающих рециркуляторов) (рис.5, б) – наиболее оптимальные решения для остановок общественного транспорта в Сибири [4].

Для организации и технического оснащения транспортно-пересадочного пункта наиболее подходящим может быть модульное решение остановочного павильона Санкт-Петербургской дизайн-студии «In.Style» (рис.5, в). Конструктивная особенность позволяет учитывать требования различных пассажироперевозок, их поток и прилегающее уличное пространство. Также учтены вопросы безопасности пассажиров за счёт закрытой панели, прилегающей к проезжей части дороги.

Модульный тип конструкции позволяет учитывать размеры остановочной площадки для транспорта в зависимости от ее расположения в центре или на окраинах города, количества одновременно прибывающего подвижного состава, величины пассажиропотока, необходимости размещения того или иного оборудования (рис.5, г). Модульность позволяет ориентироваться на размеры подвижного состава и число дверей, через которые происходит одновременный вход-выход пассажиров [5].

Планировочное решение модульной конструкции Санкт-Петербургской студии «In.Style» и техническое наполнение от группы компаний "СИТИ СТАЙЛ" из Нижнего Новгорода может быть наиболее оптимальным вариантом для транспортно-пересадочных пунктов в отдельных районах г. Новосибирска. Учитывая опыт ряда городов по организации пассажирских перевозок, а также климатические особенности Западной Сибири, целесообразно при адаптации конструкции к региональным условиям предусматривать пандусы для посадки-высадки пассажиров.

Использование павильонов для формирования партии пассажиров, следующих по определенному маршруту, организация пересадок в другие транспортные средства без дополнительной оплаты проезда, комфортные условия для ожидания транспорта, наличие перехватывающих парковок для стоянки личного легкового транспорта на период поездки в центр города позволят повысить привлекательность общественного транспорта.

Предлагаемые варианты организации движения общественного транспорта, единый тариф для поездок с пересадками, обеспечение доступности маршрутного транспорта в отдаленных районах города создадут условия для снижения количества автомобилей на улицах города, что скажется и на пропускной способности городских улиц, снижении аварийности на дорогах и повышении безопасности движения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихонкин, И.В. Совершенствование организации движения и информативности общественного транспорта / И.В. Тихонкин, С.А. Булгаков, Л.Д. Стороженко // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы XII региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 11 ноября 2020 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2020. – С. 150-153.

2. Якубович, С.П. Влияние расположения остановочных пунктов на пересадочных узлах маршрутизированного городского транспорта на качество перевозок пассажиров / С.П. Якубович, В.Н. Седюкевич // Перспективы развития транспортного комплекса: материалы IV Международной заочной научно-практической конференции, Минск, 02–04 октября 2018 года. – Минск: Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника», 2018. – С. 125-130.

3. Власов, Д.Н. «Перехватывающая» стоянка как ключевой элемент транспортно-пересадочного узла / Д.Н. Власов, Н.В. Данилина // Недвижимость: экономика, управление. – 2011. – № 2. – С. 55-58.

4. Модульные умные остановки, теплые остановочные павильоны SMART CISTYLE [Электронный ресурс]: статья / https://smart.cistyle.ru/

5. Универсальный остановочный комплекс «Infinity» от дизайн-студии «In.Style». [Электронный ресурс]: статья / Санкт-Петербург – 2011. – Режим доступа: https://novate.ru/blogs/061211/19502/

УДК 534.1

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АГРОТЕХНИКИ

Е.Н. Дик, канд. психол. наук, доцент
С.А. Арсланбекова, канд. пед. наук, доцент
С.Р. Зиянгирова, канд. биол. наук, доцент
*Башкирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной работе рассматривается вопрос вытекания жидкости из резервуара в аварийном случае образования отверстия. Рассчитывается время вытекания жидкости из цилиндрической емкости, в течение которого нужно сберечь экологическую среду, оказать техническую помощь для нераспространения рабочей жидкости в атмосферу. Таким образом, математически обосновывается условие эксплуатации агротехники с рабочей жидкостью в случае аварийных ситуаций.

***Ключевые слова:*** вытекание, жидкость, цилиндрический резервуар, закон Бернулли.

В агропромышленном производстве машинно-тракторный парк обслуживает транспортировку и хранение удобрений, горюче-смазочных материалов и других жидких компонентов. При перевозке рабочих жидкостей в нестандартных условиях возможен риск аварийных ситуаций с повреждением емкости. И как следствие, рабочая жидкость вытекает. В нашем исследовании рассчитано время вытекания жидкости из цилиндрического резервуара с заданными начальными условиями и учетом физических законов, действующих на модель системы.

Условие исследуемой задачи было следующим: при транспортировке в цилиндрическом резервуаре высотой 6 м и диаметром основания 4 м на дне образовалось отверстие в форме круга радиусом 1/12 м. Необходимо было рассчитать время вытекания компонента, заполняющего резервуар. Емкость наполнена рабочей жидкостью. Решение задачи рассмотрено на примере технической воды.

Для построения математической модели исследуемого процесса применим физические величины и законы. Процесс вытекания рабочей жидкости из резервуара опишем законом гидродинамики – законом Бернулли, как физической основой механики жидкости. По формуле Бернулли рассчитываем скорость $\nu$ (в м/с) истечения жидкости из отверстия в резервуаре, находящегося на высоте h ниже свободного уровня жидкости:

$$\nu = \sigma\sqrt{2gh}$$

где g = 9,8 *м/с*$^2$ - ускорение свободного падения, $\sigma$ — постоянный (безразмерный) коэффициент, зависящий от свойств жидкости (для воды $\sigma$ = 0,6). Изменение жидкости с течением времени опишем дифференциальным уравнением. Пусть за время *t* после начала истечения воды уровень оставшейся в резервуаре воды был равен *h* и за время *dt* понизился еще на *dh (dh <0).* Подсчитаем объем воды, вытекший за этот бесконечно малый промежуток времени *dt,* двумя способами. С одной стороны, этот объем *dω* равен объему цилиндрического слоя с высотой |*dh*| и радиусом, равным радиусу r основания резервуара ($r$ = 2 м). Таким образом, $d\omega = \pi r^2|dh| = -\pi r^2 dh$. С другой стороны, этот объем равен объему цилиндра, основанием которого служит отверстие в дне резервуара, а высота равна *vdt* (где *v* — скорость истечения). Так как радиус отверстия равен $\rho$ = 1/12 *м,* $d\omega = \pi\rho^2 \nu dt = \pi\rho^2\sigma\sqrt{2gh}\,dt.$ Приравнивая эти два выражения для одного и того же объема, приходим к уравнению:

$$-r^2 dh = \sigma\rho^2\sqrt{2gh}dt$$

Разделяя переменные и интегрируя, получаем

$$dt = -\frac{r^2}{\sigma\rho^2\sqrt{2g}}\cdot\frac{dh}{\sqrt{h}} \qquad t = C - \frac{2r^2}{\sigma\rho^2\sqrt{2g}}\sqrt{h}$$

Используя начальные условия $t = 0$ и $h = h_0 = 6м$. Отсюда следует

$$C = \frac{2r^2}{\sigma\rho^2\sqrt{2g}} \cdot \sqrt{h_0}$$

Таким образом, связь между $t$ и $h$ определяется уравнением

$$t = \frac{2r^2}{\sigma\rho^2\sqrt{2g}}(\sqrt{h_0} - \sqrt{h})$$

Время $T$ полного истечения найдем, полагая в этой формуле $h = 0$

$$T = \frac{2r^2\sqrt{h_0}}{\sigma\rho^2\sqrt{2g}}$$

Получили общую формулу для расчета времени вытекающей жидкости из цилиндрического резервуара.

$$T = \frac{2r^2\sqrt{h_0}}{\sigma\rho^2\sqrt{2g}}$$

Учитывая данные задачи, рассчитаем время вытекания жидкости из цилиндрического резервуара с заданными начальными условиями( $r = 2м$ $h_0 = 6м$, $\sigma = 0.6$, $\rho = \frac{1}{12}м$, $g = 9.8м/с^2$).

$$T = \frac{2 \cdot 2^2 \cdot \sqrt{6}}{0.6 \cdot \frac{1}{12}\sqrt{2 \cdot 9.8}} \approx 1062с \approx 17{,}7мин$$

Графически зависимость высоты изменения жидкости в резервуаре h(t) построена в прикладном математическом пакете Mathcad.

$r := 2$ $h0 := 6$ $\sigma := 0.6$ $\rho := \frac{1}{12}$ $g := 9.8$

$$k := \frac{2 \cdot r^2}{\sigma \cdot \rho^2 \cdot \sqrt{2 \cdot g}} = 433.684$$

$$t(h) := k \cdot \left(\sqrt{h0} - \sqrt{h}\right)$$

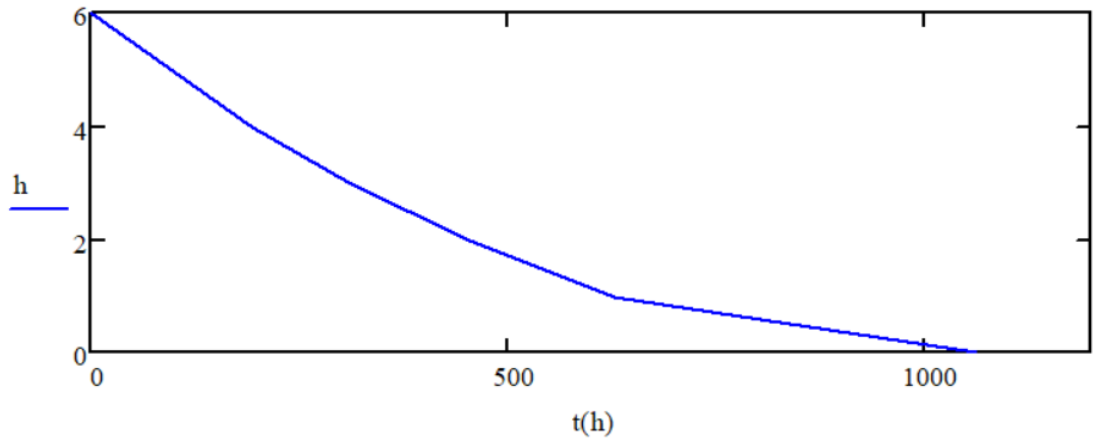



Рисунок 1. Зависимость высоты изменения жидкости от времени

Таким образом, при сложившейся аварийной ситуации, образовании отверстия на дне цилиндрического резервуара с рабочей жидкостью при его транспортировке, выведено время вытекания рабочей жидкости (техническая вода). Согласно начальным данным условия задачи, приближенно рассчитано исследуемая величина. Задачу можно обобщить на случай резервуара другой геометрической формы, его положения в пространстве и качества рабочей жидкости. Монтаж, ремонт, эксплуатация резервуаров различных форм осуществляется на производствах, а потому задача имеет обширное прикладное значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осташков, В.Н., Практикум по решению инженерных задач математическими методами [Электронный курс]: учебное пособие / В.Н. Осташков. – Эл. изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – С. 73-74.

2. Калимуллина, Э.Ф., Загиров, И.И. Инновационные методики обучения механики [Текст]/Э.Ф. Калимуллина, И.И. Загиров //Инновационные методы преподавания в высшей школе: материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием. Министерство сельского хозяйства РФ, Баш.ГАУ, 2012. С.57-59

3. Мурзина, Э.Ф. Некоторые аспекты дистанционного обучения математическим дисциплинам для студентов вузов [Текст]/Э.Ф. Мурзина // Преподавание математики в высшей школе и работа с одаренными студентами в современных условиях: материалы Международного научно-практического семинара. Редколлегия: М.Е. Лустенков (гл.ред.) [и др.]. Могилев. – 2022. - С. 72-73.

4. Багаутдинова, И.И., Фаюршин, А.Ф. Применение современных технологий в преподавании дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация» / И.И. Багаутдинова, А.Ф. Фаюршин //Реализация образовательных программ высшего образования в рамках ФГОС ВО: материалы Всероссийской научно-методической конференции в рамках выездного совещания НМС по природообустройству и водопользованию Федерального УМО в системе ВО. – 2016. – С. 43-49.

5. Багаутдинова, И.И., Яппаров, А.А. Приложение математической теории в инженерно-технологической сфере / И.И. Багаутдинова, А.А. Яппаров //Наука молодых – инновационному развитию АПК: материалы XIV Национальной научно-практической конференции молодых ученых. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Башкирский Государственный Аграрный Университет», Совет молодых ученых университета. – 2021. С. 220-224.

6. Гусев, Д.А, Багаутдинова, И.И. Интеграция классических и современных методов преподавания начертательной геометрии / Д.А. Гусев, И.И. Багаутдинова //Реализация образовательных программ высшего образования в рамках ФГОС ВО: материалы Всероссийской научно-методической конференции в рамках выездного совещания НМС по природообустройству и водопользованию Федерального УМО в системе ВО. – 2016. – С. 99-103.

7. Тархова, Л.М., Багаутдинова, И.И. Инженерная графика в базовой подготовке землеустроительных кадров / Л.М. Тархова, И.И. Багаутдинова // Проблемы сохранения и преобразования агроландшафтов: материалы Международной интернет - конференции, посвященной 225-летию со дня рождения С.Т. Аксакова.- 2016. – С. 340-344.

УДК 665.765

# КОНТРОЛЬ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ЗАДАННОГО ЗНАЧЕНИЯ СУММАРНОГО ЛЮФТА РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ КОМАНДИРОМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

В.И. Ерёменко, А.П. Гольцман, В.С. Нестеров
*Новосибирское высшее военное командное училище*

***Аннотация.*** Существующие приспособления для измерения суммарного свободного хода рулевого колеса требуют обученного персонала и постановки автомобиля в пункт технического обслуживания и ремонта на специализированный пост. Командиру подразделения требуется не точное значение суммарного люфта рулевого управления, а его отклонения от допустимого значения.

***Ключевые слова:*** приспособление, измерение, люфт, эксплуатация

«Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения» [1], согласно пункта 11, запрещают эксплуатацию автомобилей, если их техническое состояние и оборудование не отвечают требованиям «Перечня неисправностей и условий, при которых запрещается эксплуатация транспортных средств».

В приложении 1 к «Основным положениям по допуску транспортных средств к эксплуатации…» перечислены неисправности, с которыми запрещается эксплуатация автомобилей:

1. Нормы эффективности торможения рабочей тормозной системы не соответствуют ГОСТу Р 51709-2001.
2. Нарушена герметичность гидравлического тормозного привода.
3. Не действует манометр пневматического или пневмогидравлического тормозных приводов.
4. Стояночная тормозная система не обеспечивает неподвижное состояние грузовых автомобилей и автопоездов в снаряженном состоянии — на уклоне до 31 процента включительно.
5. Суммарный люфт в рулевом управлении превышает 25 градусов для грузовых автомобилей.
6. Количество, тип, цвет, расположение и режим работы внешних световых приборов не соответствуют требованиям конструкции транспортного средства.
7. Регулировка фар не соответствует ГОСТу Р 51709-2001.
8. Не работают в установленном режиме или загрязнены внешние световые приборы и световозвращатели.
9. На световых приборах отсутствуют рассеиватели либо используются рассеиватели и лампы, не соответствующие типу данного светового прибора.
10. Стеклоочистители и стеклоомыватели ветрового стекла
11. Не работают в установленном режиме стеклоочистители.
12. Не работают предусмотренные конструкцией транспортного средства стеклоомыватели.
13. Шины имеют внешние повреждения (пробои, порезы, разрывы), обнажающие корд, а также расслоение каркаса, отслоение протектора и боковины.
14. Отсутствует болт (гайка) крепления или имеются трещины диска и ободьев колес, имеются видимые нарушения формы и размеров крепежных отверстий.
15. Шины по размеру или допустимой нагрузке не соответствуют модели транспортного средства.
16. На одну ось транспортного средства установлены шины различных размеров, конструкций (радиальной, диагональной, камерной, бескамерной), моделей, с различными рисунками протектора, морозостойкие и неморозостойкие, новые и восстановленные, новые

и с углубленным рисунком протектора. На транспортном средстве установлены ошипованные и неошипованные шины.

17. Нарушена герметичность системы питания.

18. Неисправна система выпуска отработавших газов.

19. Нарушена герметичность системы вентиляции картера.

20. Количество, расположение и класс зеркал заднего вида не соответствуют ГОСТу Р 51709-2001, отсутствуют стекла, предусмотренные конструкцией транспортного средства.

21. Не работает звуковой сигнал.

22. Установлены дополнительные предметы или нанесены покрытия, ограничивающие обзорность с места водителя.

23. Не работают предусмотренные конструкцией замки дверей кузова или кабины, запоры бортов грузовой платформы, запоры горловин цистерн и пробки топливных баков, механизм регулировки положения сиденья водителя, противоугонные устройства, устройства обогрева и обдува стекол.

24. Отсутствуют предусмотренные конструкцией заднее защитное устройство, грязезащитные фартуки и брызговики.

25. Неисправны тягово-сцепное и опорно-сцепное устройства тягача и прицепного звена, а также отсутствуют или неисправны предусмотренные их конструкцией страховочные тросы (цепи). Имеются люфты в соединениях рамы мотоцикла с рамой бокового прицепа.

26. Не работают держатель запасного колеса, лебедка и механизм подъема — опускания запасного колеса. Храповое устройство лебедки не фиксирует барабан с крепежным канатом.

27. Нарушена герметичность уплотнителей и соединений двигателя, коробки передач, бортовых редукторов, заднего моста, сцепления, аккумуляторной батареи, систем охлаждения и кондиционирования воздуха и дополнительно устанавливаемых на транспортное средство гидравлических устройств.

28. Государственный регистрационный знак транспортного средства или способ его установки не отвечает ГОСТу Р 50577-93.

29. Отсутствуют опознавательные знаки, которые должны быть установлены.

Раздел 2 «Правил дорожного движения» [2] обязывает водителя перед выездом проверить, а в пути обеспечивать исправное техническое состояние транспортного средства.

Пункт 3 раздела 2 «Правил дорожного движения» из Перечня неисправностей выделяет 5 неисправностей, с которыми запрещается движение даже на ремонт или стоянку. Дальнейшее движение возможно только на буксире.

Неисправность рулевого управления «Свободный ход рулевого колеса» превышает:

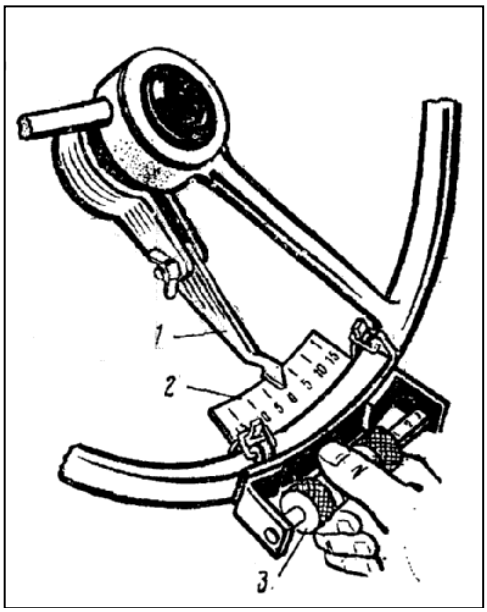
- для легковых автомобилей $10^0$;
- для автобусов $20^0$;
- для грузовых автомобилей $25^0$

и входит в перечень 5 неисправностей, с которыми запрещается движение даже на ремонт или стоянку.

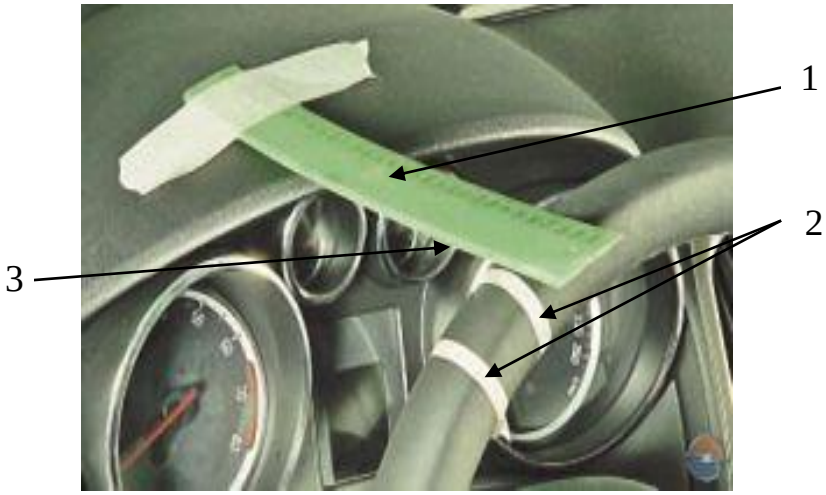
Командир подразделения, прежде чем подписать путевой лист, вместе с водителем перед выездом автомобиля из парка проверяет техническое состояние на наличие неисправностей из перечня.

Все неисправности проверяются визуально, за исключением «Суммарного люфта в рулевом управлении». Существующее приспособление К-402 находится в «Пункте технического обслуживания и ремонта» воинской части, требует определенной квалификации обслуживающего персонала и не может быть установлено на современных автомобилях (рис. 1).

Предлагаемое приспособление простое по конструкции и не требует обученного персонала. Состоит из линейки, двух скоб и мерной шкалы, приклеенной на обороте (рис. 2).




1 – указатель; 2 – шкала; 3 – держатель
Рисунок 1 – Приспособление К-402




1 – линейка; 2 – скобы; 3 – мерная шкала (на обороте)
Рисунок 2 – Приспособление для проверки суммарного люфта в рулевом управлении

Водителю требуется закрепить линейку, как показано на рисунке или с помощью двустороннего скотча. Поворачивая рулевое колесо до начала поворота передних колес, найти крайние положения и отметить их скобами. Затем измерить между ними расстояние и сравнить с табличным значением (расчет длины измеряемого отрезка). Если измеренный отрезок окажется больше, то суммарный люфт превышает норму. Значит рулевое управление неисправно и движение на таком транспортном средстве категорически запрещено.

Применение данного приспособления позволит повысить безопасную эксплуатацию автомобилей и избежать дорожно-транспортных происшествий, связанных с неисправностями рулевого управления.

**Расчет длины измеряемого отрезка осуществляется следующим образом:**

Применяя известную формулу, рассчитаем предельно допустимый ход рулевого колеса в миллиметрах:

$$L = (X°/360°)\pi D, \quad (1)$$

где L – люфт рулевого колеса, мм;

X°– предельное значение свободного хода для грузовых автомобилей 25°, для легковых автомобилей 10°;

π = 3,14;

D – наружный диаметр рулевого колеса, мм.

Наружный диаметр рулевого колеса для автомобилей семейства КамАЗ составляет 495 мм, УрАЛ – 470 мм и УАЗ – 370 мм.

$L_{КамАЗ} = (X°/360°)\pi D = (25/360)$ x 3,14 x 495 = 107 мм

$L_{УрАЛ} = (X°/360°)\pi D = (25/360)$ x 3,14 x 470 = 102 мм

$L_{УАЗ} = (X°/360°)\pi D = (10/360)$ x 3,14 x 370 = 32 мм

Используя расчетные значения длины дуги окружности, изготавливаем трафарет и приклеиваем на обороте линейки (для удобства) (рис. 3).

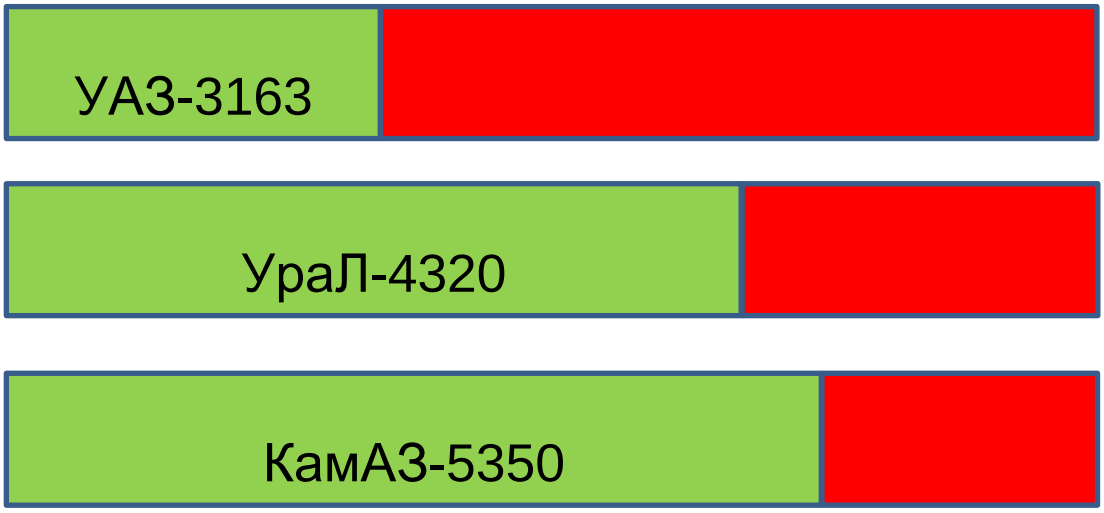



Рисунок 3 – Трафареты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильная подготовка [Электронный ресурс]: учебник. - СПб: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2019.

2. Правила дорожного движения с комментариями и иллюстрациями. – М.: «Эксмо», 2021.

УДК 656.09

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЁСНОГО И ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

Е.Д. Колесник[1], А.С. Аблов[1], А.Р. Хаиров[1]
Д.А. Вилисов[2]
[1]*Новосибирский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии*
[2]*Новосибирский государственный университет экономики и управления*

***Аннотация.*** В работе авторами статьи были рассмотрены колёсный и гусеничный движитель. Также обращено внимание на некоторые методы их использования. Рассмотрены различные виды и типы применяемых движителей их преимущества и недостатки.

***Ключевые слова:*** колёсный движитель, гусеничный движитель, эксплуатация.

Современные создатели машин типа трактор выбирают гусеничный движитель как основной. Использование такого типа базы берётся за основу из-за: универсальности, удобства применения, простоты ремонта или технического обслуживания, конкретные производственные условия при выполнении сельскохозяйственных операций, стоимость приобретения техники и затраты денежных средств на ее эксплуатацию, расход топлива, удобство передвижения по асфальтированным дорогам и многое другое.

Критерии такого выбора требуют более тщательного и детального рассмотрения для большего углубления в проблематику вопроса. В связи с этим было предпринято решение, подробно изучить все преимущества и выявить недостатки популярных ходовых систем.

Главный и самый важный аспект цена. Если отталкиваться от этого критерия, то ценовой диапазон тракторов использующих гусеничную тягу более дороже своих колесных собратьев. Они имеют большее количество деталей и узлов, а наличие дополнительных элементов и узлов в конструкции порождает дополнительные затраты на специалистов производства. Сырьевые затраты в случае поломки или же замены деталей вследствие проведения технического обслуживания также обойдутся в разы дороже замены изношенных шин трактора использующего колесную базу. Таким образом, можно сделать вывод, что замена колесной базы будет менее ресурсно затратной, нежели гусеничной. В этой связи, по критерию затрат на приобретение, ремонт и техническое обслуживание колесный трактор имеет определенные преимущества.

**Тягово-сцепные качества и проходимость.** Сильной стороной гусениц (резиново-металлических (рисунок 1) и резиновых) является площадь покрываемой поверхности, вследствие чего увеличивается контактное поле, создаваемой растягивающейся между приводными и опорными элементами гусеницей. Полугусеничный ход также имеет в этом плане некоторые преимущества в сравнении с колесным ходом трактора.

Возьмём за пример Challenger MT755D (на рисунке 2 слева) и Michelin AXIOBIB (на рисунке 2 справа) имеющие различную базу. В первом варианте, гусеница трактора Challenger MT755D шириной 635 мм, имеет статическую площадь контакта с грунтом равную 3,1 кв. м., а в свою очередь радиальная шина Michelin AXIOBIB, установленная на схожий по техническим характеристикам трактор с задними колесами IF 800/70R38 и передними IF 650/75R30, обеспечивает статическую площадь контакта с почвой 1,5 кв. м.

Увеличенная площадь соприкосновения с почвой способствует более эффективному и точечному применению технического средства при выполнении трудозатратных задач, таких как основная обработка почвы и посев комбинированными агрегатами, глубокое рыхление и чизелевание почвы.



*Рисунок 1. Резиново-металлические гусеницы*

Поскольку гусеничная тяга не требует временных затрат на выполнение регулировок, таким образом повышается производительность. Так же для повышения сцепления с грунтом трактора может обеспечить установка дополнительного веса (балласта), установленного в передней части. Если же рассматривать тракторы с колёсным движителем, перед их использованием необходимо проконтролировать шинное давление в зависимости от задач, которые будут выполняться, а так же состояние почвы в районе выполнения задач.



*Рисунок 2. Слева на право: Challenger MT755D, Michelin AXIOBIB*

**Буксирование и расход топлива.** При использовании грузов имеющих большой вес трактор с гусеничным движителем может осуществлять работу с большевесными грузами с минимальным буксированием не превышающим 3-6%, в то время как трактор с колёсной базой способен буксировать большевесные грузы применяя силу в 8-12%.

Ещё один вопрос, который нельзя упускать из вида при сравнении это сможет ли колёсный трактор конкурировать с гусеничным в проходимости в трудных условиях пересечённой местности (тяжёлых условиях эксплуатации) так как шины подвержены быстрому износу и не отличаются износоустойчивостью [0].

**Снижение нагрузки на почву.** Повреждение почвенного питательного слоя земли вследствие многократного проезда и пропахивания сельскохозяйственной техники является одной из причин уменьшения благоплодия почвы. «Переутомления» верхнего слоя приводит к увеличению объемного веса и снижению плодородных свойств почвенного покрова земли.

Это является причиной ухудшения физико-механических свойств почвы, снижению аэрации и замедлению биологических процессов, при этом снижение плодородия может достигать 20% (рисунок 3.1 и рисунок 3.2.).

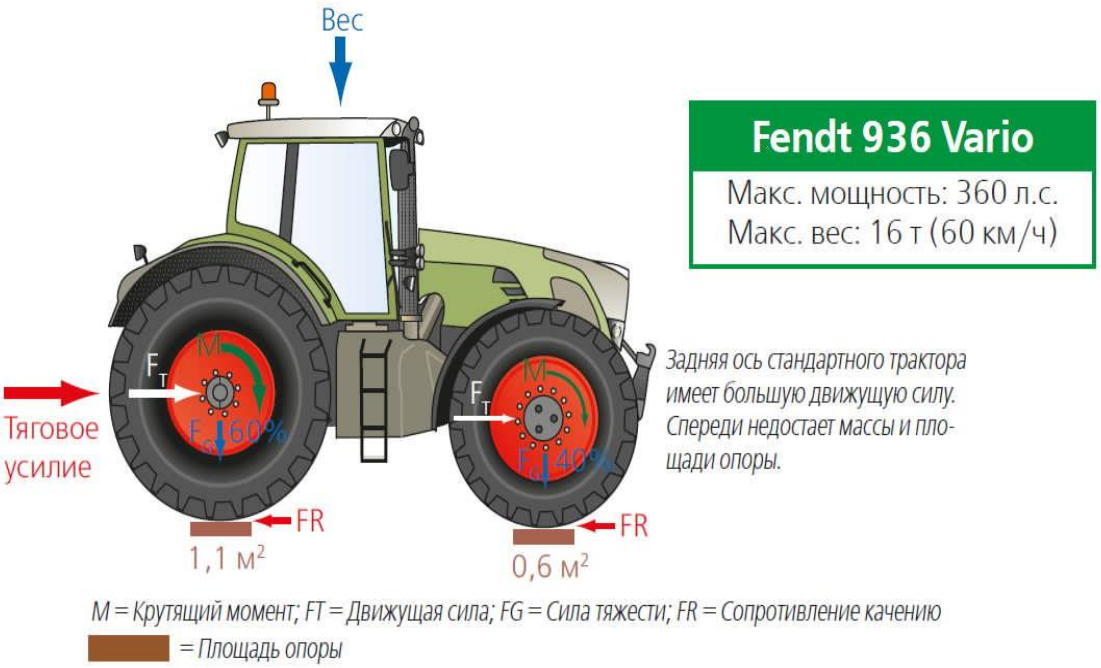



*Рисунок 3.1. Нагрузка на почву колесного движителя*

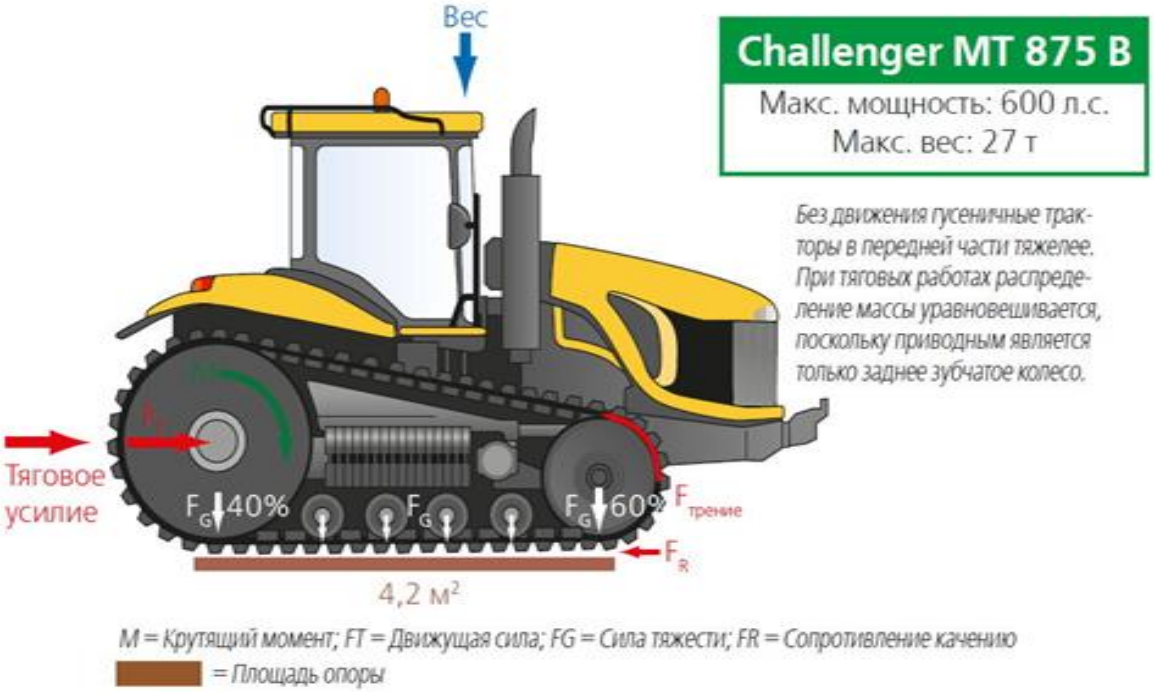



*Рисунок 3.2. Нагрузка на почву гусеничного движителя*

**Высокая маневренность и малый радиус поворота.** Поворачивающая способность является важнейшим фактором, обозначающая способность к развороту, при увеличении которого происходит уменьшение рабочей зоны водителя. Данный факт приводит к уменьшению производительности машинно-тракторного агрегата за счет более раннего выглубления рабочих органов или отключения приводов прицепных машин.

Если проводить сравнение то гусеничный ход, безусловно, будет более манёвренным и проходимым в отличие от тех, что были построены на колёсной базе, так как гусеницы могут работать отдельно друг от друга, а также в разных направлениях.

**Удобство передвижения по дорогам с твердым покрытием.** Появление различного рода (резинометаллических и резиновых) гусениц позволило тракторам пользоваться дорогами для общего пользования без боязни повредить её. Для реалий сельскохозяйственного производства Российской Федерации тракторам приходится довольно часто следовать на рабочие участки и возвращаться в парк по асфальтированным дорогам. Так же если брать в оборот то, что ширина протектора трактора с гусеничной базой уже, нежели с колесной, так как колёса тракта со сдвоенными и строенными колёсами, то преимущество остаётся за резиновыми и резиново-металлическими вариантами. Но с другой стороны колёса позволяют развивать большую скорость и мягкость хода по дорогам имеющим твёрдое покрытие, из чего можно сделать вывод о том что критерий передвижения по асфальтированным дорогам является спорным для выявления явного лидера того или иного движителя.

**Вывод.** Подводя итог нельзя сказать определённо, какая именно база будет подходить, всё будет зависеть от тех задач, которые необходимо выполнить на том или ином участке местности.

Применение гусеничного движителя органично сочетается с тяжёлыми почвообрабатывающими операциями, требующих огромных тягово-силовых качеств машины с широкозахватными машинами.

Колесный движитель можно считать более подходящим для выполнения большинства сельскохозяйственных операций. Также колесный трактор удобен для эксплуатации с навесным погрузочным оборудованием. Для работы в крупных хозяйствах, где приходится выполнять основную обработку полей большой площади целесообразно оснастить парк машин несколькими тракторами на гусеничном ходу [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев, В. В. Конструкция многоцелевых гусеничных машин: учебник / В. В. Васильев, М. П. Поклад, О. А. Серяков. – Омск: ОТИИ, 2008 – 284 с.

2. Вилисов, Д. В. О некоторых особенностях управления автомобилем в сложных дорожных условиях / Д. В. Вилисов, В. В. Смоленский // Современные аспекты развития и безаварийной эксплуатации автомобильной техники (бронетанкового вооружения и техники): Межвузовская научно-техническая конференция, Новосибирск, 30 мая 2019 года / Под общей редакцией С.А. Куценко. – Новосибирск: Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2019. – С. 43-48. – EDNPWZFKJ.

3. Иванов, В. В., Илларионов, В. А., Морин, М. М. Основы теории автомобиля и трактора. – М.: Высшая школа, 1977. – 245 с.

4. Кукушкин, И.Н. Анализ совместной работы колесного и гусеничного движителей / И.Н. Кукушкин, А.А. Манухин // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2001. – Т.24. – С. 182-186. – EDNMXKDIV.

5. Леонов, А.А. Гусеничный транспорт // СТТ. 2015. №2. С. 15-16.

6. Особенности транспортирования растительной массы шнеком жатки зерноуборочного комбайна / Д.А. Ханин, А.В. Пчельников, А.А. Железнов, В.Н. Хрянин // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования: Материалы VII региональной научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвящённой памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 10-11 ноября 2015 года / Новосибирский государственный аграрный университет. – Новосибирск: Издательский центр «Золотой колос» Новосибирского государственного аграрного университета, 2015. – С. 307-310. – EDNVCCSFB.

УДК 656.09

# КОЛЕСО – ВЕЛИЧАЙШЕЕ ИЗОБРЕТЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА!

И.А. Логинов, Д.М. Хрипко, Т.А. Епишкин
*Новосибирский военный ордена Жукова институт войск национальной гвардии*

***Аннотация.*** В статье затрагивается тема изобретения колеса и его истории происхождения. Рассмотрены и представлены основные периоды развития колеса от самого первого деревянного до сегодняшнего бескамерного.

***Ключевые слова:*** колесо, бревна-катки, колесницы, шины.

Одним из самых важных достижений человека разумного, мыслящего является изобретение колеса. В Бронзовом веке впервые использовалось колесо для передачи движения не в транспортном средстве, а в гончарном круге. В тот же период стали использовать и водяное колесо, подливное использовали в Месопотамии, где реки текут медленно, а наливное требовалось – на быстрых горных реках.

В период с 4-1 тысячелетия это период Бронзового века началась история колеса. Самое первое деревянное колесо было создано более 5000 лет назад. До этого древними людьми уже были изобретены швейные иглы, ткань, веревки, лодки и другое. В истории имеется версия о том, что ребенок в процессе игры мог смастерить подобие колеса. Однако определить точное место возникновения колеса сложно. Кто у кого заимствовал идею, возница у гончара или наоборот? Наверное, мы это не узнаем никогда. Однако возможность поступательного движения круглого предмета была известна людям с глубокой древности. Хотя самое древнее деревянное колесо найдено в Месопотамии, самые ранние изображения колеса были обнаружены и в Польше, и в степях Евразии. Одни ученые считают, что колесо было изобретено в одном регионе, а позже распространилось по всему миру. Но имеется и иная точка зрения, а именно, колесо могло быть изобретено разными народами независимо друг от друга. Итак, в настоящее время, по официальной версии, местом рождения колеса является не только Месопотамия (древний город Киш), но и степи Евразии.

Слово «Колесо» происходит частично от праславянского «коло» и праиндоевропейского «кел-со» и означает «вращение». Человечество постоянно делало попытки использования технических средств, позволяющих увеличить скорость передвижения. Колесо дало возможность катиться, а не скользить.

Прародителем колеса были бревна-катки, они служили для перемещения тяжести, грузов. Катки претерпевали усовершенствования, и после наблюдений было установлено, что каток с более тонкой серединой, чем по краям, передвигался более равномерно, его меньше заносило в стороны, поэтому катки стали обжигать в середине или обтесывать. Центральная, серединная часть катка становилась тоньше относительно края. От бревна оставалась тонкая ось с двумя валиками на концах.

Колесо и первая повозка появились тогда, когда валики стали делать отдельно, а затем они жестко крепились с осью. Данная конструкция стала прообразом первой современной колесной пары. Жесткое крепление колес с осью приводило к тому, что они вращались вместе с ней. Данный способ движения был удобен для перевозки грузов по ровной прямой дороге. Так как колеса вырезались из целого ствола, они были очень неповоротливыми, несовершенными, тяжелыми.

Между катками и настоящим колесом многовековая дистанция. Первое свидетельство о колесном транспорте датируется IV тысячелетием до н.э. Это изображение салазок на колесиках, найденное при раскопках города Урук в Месопотамии.

Существенным шагом вперед в развитии техники передвижения стало отделение колес от оси. Изобретено колесо со ступицей, насаживающегося на неподвижную ось. В данном случае колеса вращались независимо друг от друга. Для уменьшения силы трения колеса об ось, ее стали смазывать жиром или дегтем. Следующей актуальной задачей было

уменьшение веса облегчение колеса, достигалось этого тем, что стали делать в нем вырезы, точнее радиальные прорези, а для жесткости укрепляли поперечными скрепами.

Первые колесницы, по мнению историков, были построены в 2300 году до нашей эры на территории Месопотамии, однако достоверных подтверждений этому нет. По мнению ученых историков, существовало 2 типа колесниц – это с двумя колесами с одной или двумя лошадьми в упряжке, либо с двумя или четырьмя колесами и четверкой лошадей в упряжке. На колесницах передвигались только зажиточные люди и военные.

Чаще всего колесницы использовали во время военных действий. Развитие этих средств передвижения осуществлялось постепенно, технологии же постройки колесниц постоянно совершенствовались. Вначале, колесницы представляли собой массивные платформы, на них стояли воины. Древнеегипетские колесницы были уже более легкие и маневренные. Появление и развитие таких устройств способствовало революционным изменениям в военном деле. Использование такого боевого и быстрого транспорта способствовало возможности одержать победу над врагами.

После начала активного использования человеком металлов, стали изготавливать колеса с металлическим ободом и спицами. Вначале спицы были деревянные, но позже они стали металлические. Железный обод вместо деревянного около 3 тыс. лет назад начали применять кельты. При этих условиях колесница становилась более подвижной и легкой, так как колеса стали прочнее и вращались быстрее. Чтобы ход колеса был более мягким, его обшивали кожей или обвивали по ободу деревянным обручем.

Несколько тысячелетий история колеса почти не развивалась и только в середине XVIII века, появилось новое усовершенствование - были изобретены шины. Материалом для первых шин была плотная ткань (парусин) и только гораздо позже шины стали изготавливать из резины.

Очередным толчком к дальнейшему развитию колеса стало изобретение в 1817 году немецким профессором Карлом фон Дрезом первого велосипеда (рисунок 1), более похожего на деревянный двухколесный самокат (его назвали «дрезиной»).



Рисунок 1. Первый велосипед

Совершенствование колеса подтолкнуло человечество к началу транспортной революции, в которую в XIX включился железнодорожный транспорт и речной - с открытием паровой машины были запущены первые колесные речные пароходы.

Следующим важным шагом в истории стало создание первых автомобилей в 1768 году, вместе с созданием паросиловых машин, способных перевозить человека. Первые машины появились в 1806 году. Слово «автомобиль» означает «самодвижущаяся повозка», но в современном понимании автомобилями принято называть только средства передвижения, оснащенные автономными двигателями (внутреннего сгорания,

электрическими, паровыми) и уже здесь устройство колеса претерпело массу усовершенствований, которые продолжаются до наших дней.

Начало XX века было ознаменовано появлением в армии первых автомобилей. Автомобиль навсегда изменил вооруженные силы разных стран, а также сам характер и темп ведения войны. Российская империя не осталась в стороне новейших тенденций. Первая учебная автомобильная рота была образована еще до начала Первой мировой войны, это произошло в Петербурге 29 мая 1910 года [3]. Возглавляли роту мастера своего дела, одним из них был Секретов Петр Иванович. Капитан Секретов энергично взялся за формирование новой специализированной военной роты, дальновидно полагая, что она может быть в последующем прообразом регулярных автомобильных войск. Личный состав формировался в основном из офицеров, унтер-офицеров и солдат (нижних чинов).

Данная рота в то время являлась центром автотехнического обеспечения русской имперской армии. Автомобилизация обеспечила доставку частям и подразделениям различных материальных средств, которые требовались для ведения боевых действий: от патронов и снарядов до еды и медикаментов, а также мобильность войскам и возможность переброски частей и соединений на большие расстояния в кротчайшие сроки.

К началу Первой мировой войны в составе Русской имперской армии насчитывалось уже 711 автомобилей всех типов и 101 мотоцикл. Больше автомобилей имела только армия Германии. В ходе Первой мировой войны уровень автомобилизация Русской имперской армии был достаточно большим за счет мобилизации техники из народного хозяйства. К концу Первой мировой войны в армии насчитывалось уже 22 автомобильные роты. На 1 июля 1917 года в составе вооруженных сил страны имелось 12 377 автомобилей различных типов.

К началу Второй мировой войны Советский Союз получил собственную развитую автомобильную промышленность, которой не обладала царская Россия, получившая практически всю автотехнику из-за границы. Был получен старт для скорейшего достижения высокого уровня автомобилизации, а также удалось обеспечить автотранспортом народное хозяйство страны. К 22 июня 1941 года имелось около 272 тысяч автомобилей всех типов, в том числе знаменитые «полуторки» ГАЗ – АА, трехтонные ЗИС-5 и легковые «эмки» ГАЗ – М1. К лету 1945 года численность автомобилей в войсках возросла до 664 тысяч единиц, в связи с тем, что часть автотранспорта также мобилизовывалась из народного хозяйства. Около 10% процентов от этого числа составляли трофейные машины.

В XXI веке значение автомобилей в армии нисколько не уменьшилось, а только возросло. Согласно термину Минобороны РФ автомобильные войска - это специальные войска, основные задачи которых связаны с переброской личного состава и разного рода материальных средств и ценностей частей и подразделений российской армии, а также эвакуация больных и раненных военнослужащих, транспортировка разного армейского имущества и захваченных у противника трофеев.

Начиная с 1920 годов спицованные колеса стали постепенно заменяться на колеса со штампованными металлическими дисками, более простым и дешевым в производстве. В 1960 – х годах появились в качестве спортивной опции колёса, целиком или частично отлитые из легкого сплава, алюминиевого или магниевого. Сегодня ими снабжается едва ли не большинство автомобилей. По большому счету, конструкция колеса получила свою завершенную форму, и что возможно еще усовершенствовать трудно определить. В 2006 году компания «Michelin» удивила всех бескамерным колесом. Оно полностью состоит из резиновых протекторов, которые соединены с центром при помощи эластичных спиц. Спицы повторяют все деформации колеса, поэтому поглощают удары.

На сегодняшний день, новинками автомобильной техники в армии являются:

Бронеавтомобиль «Тайфун-ВДВ» - новейший быстроходный броневик обеспечит десантно-штурмовым соединениям выполнение всех задач. Он создан на базе платформы с колесной формулой 4х4 КамАЗ-4386. Имеется усиленная противоминная защита. Броня

выдержит 6 кг тротила под колесом и 4 кг под днищем. По огневой мощи автомобиль один из самых мощных армейских бронеавтомобилей в мире

В 2021 году в российские войска поступила первая партия новейших бронеавтомобилей «Напарник», предназначенных для сопровождения воинских колон в зоне повышенной опасности.

Подготовлена к государственным испытаниям новейшая бронемашина минирования «Клещ». Как «Клещ» так и «Напарник» созданы на базе бронеавтомобиля «Тайфун-ВДВ».

Одним из самых массовых бронеавтомобилей в войсках стал «Тигр». Но теперь основной упор специалисты делают на разработку новой линейки бронированных автомобилей – «Стрела». Масса «Стрелы» - до 4.9 тонн, защищенность 2-го класса и способна развивать максимальную скорость до 155 км/ч., мощность 200 л.с., запас хода 1000 км. «Стрела» обойдется в два раза дешевле «Тигра».

Бронированный автомобиль «Атлет», характеризуют высокая подвижность, повышенная защищенность, грузоподъемность. «Атлеты» имеют колесную формулу 4х4 и предназначены для перевозки личного состава и военных грузов с обеспечением требуемого уровня защиты буксирования прицепов, монтажа вооружения, военной и специальной техники.

Урал - 66 (он же «проект 80»), длина 6400 мм, снаряженная масса 6200 кг, грузоподъемность 4000кг, максимальная скорость 110 км/ч, запас хода – не менее 600 км.

Пожалуй, трудно найти более значимое открытие, которое дало бы такой мощный толчок развитию техники. Колесо сдвинуло и ускорило развитие истории с мертвой точки и заставило ее мчаться в несколько раз быстрее.

Древнее коло (колесо), которое означает движение, в нашей цивилизации продолжает видоизменяться, и никто не знает, какое оно будет через века. Именно потому, что неизвестен автор, точно неизвестна страна и время изобретения, нет точного описания предмета изобретения, не выдан патент, поэтому колесо можно считать изобретением всего человечества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https//fenix72.ru/raznoe/kogda-poyavilos-pervoe-koleso.html/
2. Вилисов, Д.В. Вопросы подготовки военных водителей прошлого столетия / Д.В. Вилисов, И.Л. Аравин // Направления и перспективы развития образования в военных институтах войск национальной гвардии Российской Федерации: Сборник научных статей XIII Межвузовской научно-практической конференции с международным участием, Новосибирск, 17 ноября 2021 / под общей редакцией В.В. Косухина. – Новосибирск: Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2021. – С. 44-48. – EDNZTILGL.
3. Военное обозрение. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://topwar.ru/158420-29-maja-den-voennogo-avtomobilista.html/.
4. Кирилец, С.В., Канинский, Г.Г. Автомобили Русской Императорской армии: «Автомобильная академия» генерала Секретева. - М.: Фонд «Русские Витязи». 2010. – 264 с.
5. Рубец, А.Д. Рубец. История автомобильного транспорта России. М.: Эксмо, 2008.
6. Седов, Г.Г. К вопросу о снабжении автомобилями русской армии // Вестник Екатерининского института. 2014. № 3 (27).

УДК. 631.171

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО УПЛОТНЯЮЩЕМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ПОЧВУ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕВОЗОК.

А.Д. Николаев, старший преподаватель
В.В. Тихоновский, канд. техн. наук, доцент
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В данной статье описываются предварительные результаты исследовательской работы по теме «Снижение воздействия ходовых аппаратов транспортных средств на почву при выполнении технологических перевозок». Приводится пример замеров уплотнения для единичной точки в пределах рабочей зоны. Как исходные параметры до начала работ, так и после прохода технологического транспорта представленного грузового автотранспортного средства. Проведено сравнение полученных результатов с результатами аналогичного исследования для специализированного транспорта. Описана проблема исследования на основе интерпретации результатов и материально-технической базы.

***Ключевые слова:*** уборочно-транспортные мероприятия, технологический транспорт, грузовые автотранспортные средства, уплотнение почвы, плотность грунта.

В Российской сельскохозяйственной отрасли, а точнее в растениеводстве основной транспортной единицей является трактор. Данное транспортное средство выполняет большинство технологических операций. Начиная с предпосевной обработки и заканчивая уборкой. На государственном уровне прописаны все параметры допуска технических средств к работе в поле, это МТА и агрегаты [1]. Второй по важности транспортной единицей является комбайн. Именно на тракторы и комбайны ориентированы большинство исследований, в пределах сельскохозяйственной отрасли, по их совершенствованию, улучшению эффективности функционирования, экологичности, безопасности, а так же управлению процессами во время их работы. Подразумевается, что и транспортировка грузов в пределах, какого либо хозяйства будет, осуществляется тракторами с прицепами.[2]

Использование автомобилей в растениеводстве для России, так же характерно. До сих пор ведутся попытки создать автомобиль для сельского хозяйства, который удовлетворял потребности, но при этом был наименее вредоносен. Некоторые успехи присутствуют, но не имеют массового распространения. При этом в растениеводстве активно используют для технологических перевозок самосвалы, бортовые грузовики и прицепы, хотя эти транспортные средства имеют высокое удельное давление на опорную поверхность и не приспособлены для движения по полю и наносят вред плодородному слою почвы [3].

Западная Сибирь является зоной рискованного земледелия, хозяйствам данного региона характерно большое расстояние между полями, удаленность поля от мест складирования, отсутствие развитой транспортной сети, наличие полевых дорог. В условиях очень сжатых сроков уборки, транспортно-технологическое обеспечение комбайнов становится очень важной задачей. Одним из элементов эффективного выполнения работы становится грузовое автотранспортное средство, не смотря на сопутствующий его использованию вред.

Для выработки мероприятий по снижению воздействия ходовых аппаратов ТС на почву при выполнении технологических перевозок, проводится исследовательская работа по уплотнению почвы, в процессе уборочно-транспортных работ, при выполнении технологических перевозок.

Исследование производилось на предприятиях ЗАО племзавод «Ирмень» и ООО «Русское поле», во время уборки кукурузы на силос. При этом входные параметры

предприятий имеют кардинальные отличия по марочному составу парка МТА, технологического транспорта, так же отличается тип почвы и структура рабочей зоны.

В связи с тем, что на момент проведения замеров на территории предприятия ЗАО племзавод «Ирмень» методика замеров и методы обработки полученных результатов, только отрабатывались, в текущей работе будут освещены только результаты, полученные с полей предприятия ООО «Русское поле» [4].

По условиям проведения замеров, предварительная минимально необходимая информация включает в себя данные по структуре рабочей зоны, тип почвы, а так же данные по используемой технике при уборочно-транспортном процессе. Под структурой рабочей зоны следует понимать ее границы, наличие сложных участков или заградительных посадок, особенности рельефа.

Рельеф рабочей зоны не имеет ярко выраженных перепадов, полотно дороги не прилегает к полю, имеет возвышение над уровнем земли, не имеет оборудованного съезда в поле, дренажные системы отсутствуют. На поле имеются заградительные посадки, по краям поля и в его центральной части. Зоны, прилегающие к дороге, к солончаковым пятнам, к заградительным посадкам отмечаем, как области с низкой продуктивностью на глубину до двух метров. В заданной рабочей зоне основной тип почвы, лугово-черноземные солонцеватые. Имеются ярко выраженные солонцовые пятна. Для данного типа почвы характерна плотность в 1,3 г/см$^3$.

Марочный состав используемой техники: комбайнов, тракторов с прицепными устройствами, грузовых транспортных средств, представлен (таблице 1). При уборке кукурузы на силос использовали три однотипных, высокопроизводительных комбайна, поэтому в таблице указана одна модель. Грузовые автотранспортные средства не использовались совместно с прицепными устройствами, но имели дооборудованный кузов, с наращенными сетчатыми ограждениями.

*Таблица 1*

Подвижной состав предприятия ООО «Русское поле»

| Подвижной состав | | | |
|---|---|---|---|
| Комбайны | Трактор | Прицеп | Грузовые автотранспортные средства |
| Krone Bix 700 | MF 8690 | Fliegl-952342 | Volvo FMX 8x4 |
| - | MF 8690 | Fliegl-ASW 381 | Volvo FMX 6x4 |
| - | John Deere | Тонар-952342 | - |
| - | New Holland T 9.615 | Fliegl-952342 | - |

Единичный результат замеров выглядит, как диаграмма зависимости глубины проникновения штока в почву от создаваемого усилия на штоке. При заданной опорной площадке, на конце штока, в виде окружности диаметром 2,35 см. Оцифрованный вариант позволяет проводить дальнейшую обработку результатов, преобразовывая аналоговые данные в численные показатели

Сама методика проведения замеров описывалась в статье посвященной разработке проведения замеров. Измерительный прибор, плотномер пружинного типа с самописцем, является полностью механическим, из-за чего при работе с ним, создать максимальное давление, на пружине штока при низком сопротивлении грунта не получается в пределах рабочего хода самого штока. Как итог результаты замеров отличаются по верхней границе создаваемого усилия, что приводит к допущениям при сравнении всех результатов замеров.

Полученные данные со всех замеров заносятся в таблицу по группам «принадлежности» к транспорту, после которого проводились замеры, на основе полученных аналитическим путем получаем расчетный показатель плотности грунта «р» (Табл. 2).

*Таблица 2*

Данные, точка 10, группирование по транспорту

| Точка 10 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| До прохода | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | $F_{ср}$ | $S_{ср}$ | $p_{ср}$ |
| $F_{max}$, Н | 300,2 | 287,3 | 284,2 | 170,5 | 235,9 | 279 | 259,5 | - | - |
| S, мм | 28,6 | 40,7 | 46,4 | 61,4 | 73,2 | 110,7 | - | 60,2 | - |
| р,г/см3 | 1,63 | 1,52 | 1,58 | 0,62 | 0,76 | 0,86 | - | - | 1,16 |
| После прохода Вольво | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | $F_{ср}$ | $S_{ср}$ | $p_{ср}$ |
| $F_{max}$, Н | 314,3 | 353,3 | 313,5 | 359 | 294,7 | 355,2 | 331,7 | - | - |
| S, мм | 11 | 11,9 | 15,9 | 25,9 | 45,2 | 53,8 | - | 27,3 | - |
| р,г/см3 | 6,72 | 6,99 | 4,64 | 3,26 | 1,53 | 1,55 | - | - | 4,11 |

Характеризуется рабочая зона нормальной плотностью почвы до начала работ. Анализируя данные, параметры до прохода сосредоточены на глубине от 2 см до 10 см. При этом усилие, создаваемое на штоке для заглубления на такую величину в почву, в основном меньше 250 н. Для технологического транспорта распределение находится на глубине от 1 до 4 см при усилии в диапазоне 300-360 н. Вывод для конкретного участка плотность почвы гарантированно увеличилась на глубину до 40 см при этом максимальное уплотнение находится в горизонте 10 см, 25 см и ~50см, что говорит нам о формировании макроструктур в почве (глыбы). Распределение уплотнения по конкретному участку не равномерное, локальная плотность почвы достигает значений в семь единиц.

Все значения имеют положительное значение, при этом следует понимать, что проникновение штока происходит от поверхности почвы вглубь, то есть нулевая точка это опорная поверхность. Максимальное расстояние (S, мм) является глубиной проникновения штока и находится в почвенном горизонте. Для каждой группы замеров есть средние значения, как для параметра силы «F» так и для параметра длины «S» . Именно по средним данным на все точки замеров и заданного технологического транспорта составляем характеристику уплотнения для рабочей зоны. В качестве сравнения добавляем данные специализированного транспорта, эти данные взяты из исследовательской работы «Пути снижения удельного давления колесных движителей на почву» Сыромятникова Ю.Н. который проводил эксперимент по снижению уплотняющего воздействия путем установки трактора на спаренные колеса, результат представлен в таблице 3.

*Таблица 3*

Данные замеров плотности почвы после проездов

| Марка трактора | Число проездов | Плотность почвы г/см3 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0-10 см | 10-20 см | 20-30 см | 30-40 см |
| Без уплотнения контроль | 0 | 1,31(1,63) | 1,43(1,58) | 1,43 | 1,52 |
| ХТЗ-17221-09 на сдвоенных шинах 28,1R26 | 1 | 1.45 | 1.49 | 1.47 | 1.47 |
| | 2 | 1.47 | 1.50 | 1.47 | 1.54 |
| | 5 | 1.58 | 1.63 | 1.68 | 1.67 |
| | 10 | 1.61 | 1.65 | 1.62 | 1.68 |
| ХТЗ-17221-09 без сдвоенных шин | 1 | 1,48 | 1,44 | 1,51 | 1,53 |
| | 2 | 1,46 | 1,44 | 1,44 | 1,57 |
| | 5 | 1,67 | 1,91 | 1,83 | 1,83 |
| | 10 | 1,90 (4,11) | 1,95 | 1,98 | 1,80 |

*в скобочках указываются результаты замеров

Так как данные опубликованные Сыромятниковым Ю.Н. основываются на плотности почвы по ключевым этапам «до начала», «после прохода», сравнивать будем по этим

значениям. Ориентируемся на глубину проникновения штока при сопоставлении результатов, начинаем с самого малого показателя, принимая его за первый проезд. Сравниваем с транспортом без сдвоенных колес, ограничиваемся 5 проездами, так как гарантированно было зафиксировано 3 проезда, но такого параметра нет в таблице.

Как видно при сравнении результатов, уплотняющие воздействие грузового автотранспорта (далее ГАТС) на глубине от 30 до 40 см не превышает показатели трактора на начальном этапе. Но при этом удельное давление у Вольво при порожнем ходе составляет ~2,08, в тоже время у ХТЗ ~1. Уже после второго прохода видно трех кратное повышение плотности почвы в следе ГАТС. Последующие проходы уплотняют грунт в три раза больше чем спецтехника.

Основной же проблемой текущего исследование является отличие создаваемого усилия для каждого замера. Этот параметр должен быть константой. Достижение подобного результата, на пруженном плотномере с самописцем, не возможно из-за конструктивных особенностей самого механизма и сильной зависимости от оператора. Поэтому представленные выше результаты являются промежуточным этапом исследовательской работы, которые смогли подтвердить актуальность работы и сделанных предположений. Дальнейшее исследование данного вопроса будет происходить на другом оборудовании более современном и точном, таком как плотномер ZFG 3.0. Данный прибор позволит убрать как человеческий фактор, так и не точности при оцифровке диаграмм результатов замеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 ГОСТ 26954-2019 Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. Издательство стандартов 2019 г.

2 Журнал Фундаментальные исследования. Влияние конструктивных параметров движителей и нагрузочных режимов тракторов на почву Гайнуллин И.А. Зайнуллин А.Р. "Выпуск журнала № 2 за 2017 год

3 АНАЛИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ГРУЗОВОГО АВТОПАРКА В НСО Николаев А.Д., Блынский Ю.Н., Тихоновский В.В. В сборнике: Молодежь, инновации, технологии. Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Под редакцией Е.Г. Гуровой, С.В. Макарова. 2019. С. 50-51.

4 НИКОЛАЕВ А.Д. ТИХОНОВСКАЯ К.В. ТИХОНОВСКИЙ В.В. БЛЫСКИЙ Ю.Н. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ ПО УПЛОТНЕНИЮ ПОЧВЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ПЕРИОД УБОРКИ УРОЖАЯ с.120-126

5 Сыромятников Ю.Н. — Пути снижения удельного давления колесных движителей на почву // Сельское хозяйство. – 2017. – № 4. – С. 95 - 103. DOI: 10.7256/2453-8809.2017.4.26797

УДК 625.096

## БЕЗОПАСНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ПЕРЕКРЕСТКАХ

Н.И. Соколов, магистрант
О.А. Шаламова, канд. техн. наук, доцент
*Сибирский государственный университет путей сообщения*

***Аннотация.*** В ходе работы анализируются основные характеристики дорожного движения: интенсивность движения транспортных потоков, строится картограмма интенсивности движения, оценивается сложность пересечения при помощи конфликтных точек, приводится гистограмма неравномерности движения по направлениям, рассчитывается коэффициент загрузки проезжей части по направлениям.

***Ключевые слова:*** интенсивность движения, дорожные заторы, неравномерность интенсивности движения, час - пик, конфликтные точки, ДТП, безопасность дорожного движения.

Целью работы является определить интенсивность и безопасность дорожного движения на существующем перекрестке в городе Новосибирске.

Чтобы дать оценку состояния транспортного потока на исследуемом перекрестке перед авторами стоят следующие задачи:

1. Сбор объективной информации о количестве транспортных средств, проезжающих через исследуемый перекресток во время максимальной загрузки улично – дорожной сети;
2. Определить количество транспортных средств в разные интервалы времени на перекрестке, состав транспортного потока;
3. Выявить потенциально аварийные точки на перекрестке;
4. Рассчитать параметры транспортного потока на перекрестке;
5. Предложить меры по улучшению безопасности и дорожной обстановки на участке.

Имеем Т – образный трёхсторонний перекресток, который имеет две проезжей части в каждом направлении. Каждая проезжая часть имеет две полосы для движения. Перекресток со всеми разрешенными направлениями представлен на схеме (рис. 1).

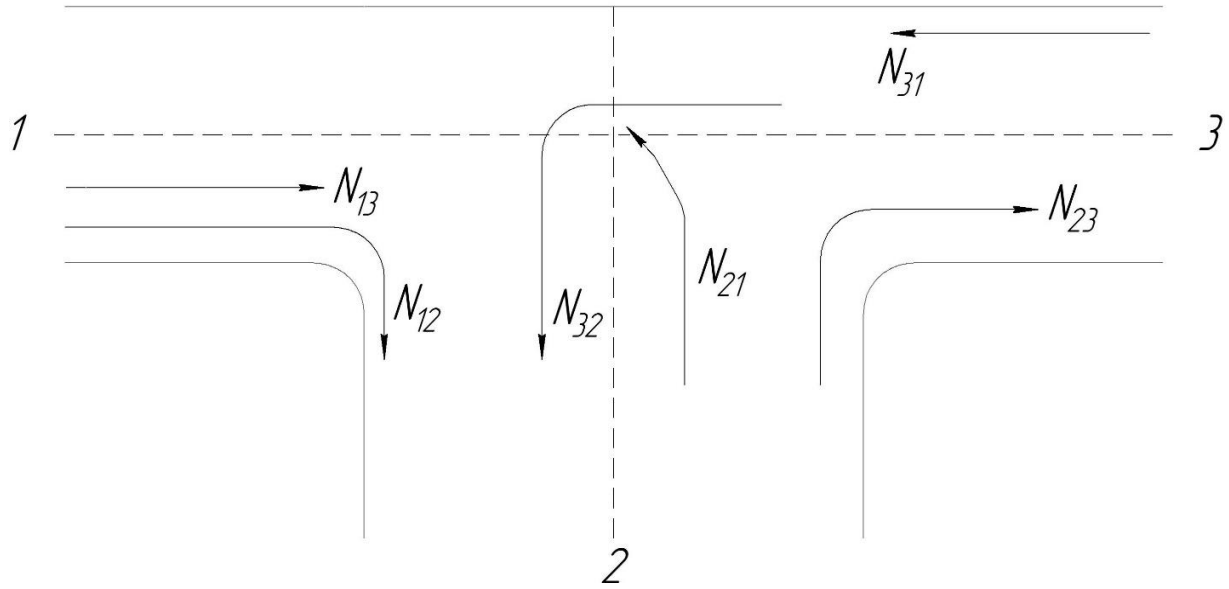



Рисунок 1 – Схема исследуемого перекрестка

Сбор объективной информации о количестве транспортных средств, проезжающих через исследуемый перекресток, был получен методом видео фиксации в будние дни во время утреннего и вечернего «час - пик» с 09:00 до 10:00, а также с 17:20 – 18:20.

*Таблица 1*

Состав и интенсивность движения транспортных потоков на выбранном участке дорожной сети во время утреннего и вечернего «час - пик»

| № направления | № полосы | Интенсивность движения транспортных потоков авт/60 мин | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Легковые | | Грузовые | | Автобусы | | Автопоезда | |
| 1 | 2 | 773 | 639 | 65 | 32 | 8 | 11 | 3 | 4 |
| | 3 | 160 | 84 | 35 | 6 | - | 3 | 2 | - |
| 2 | 1 | 455 | 332 | 46 | 16 | 10 | 1 | 1 | - |
| | 3 | 17 | 2 | 7 | 1 | 8 | 3 | 1 | - |
| 3 | 2 | 12 | 1 | 10 | 1 | 7 | 6 | - | 1 |
| | 1 | 155 | 181 | 31 | 10 | 2 | - | 3 | 1 |

Результаты изучения состава и интенсивности движения транспортных потоков обычно оформляют в виде протокола в табличной форме (табл. 1) и в виде картограмм.

По полученным данным приведенных интенсивностей вычерчиваем схему перекрестка, обозначаем конфликтные точки, наносим на условную картограмму интенсивности движения транспортных потоков, которая представлена на (рис. 2).

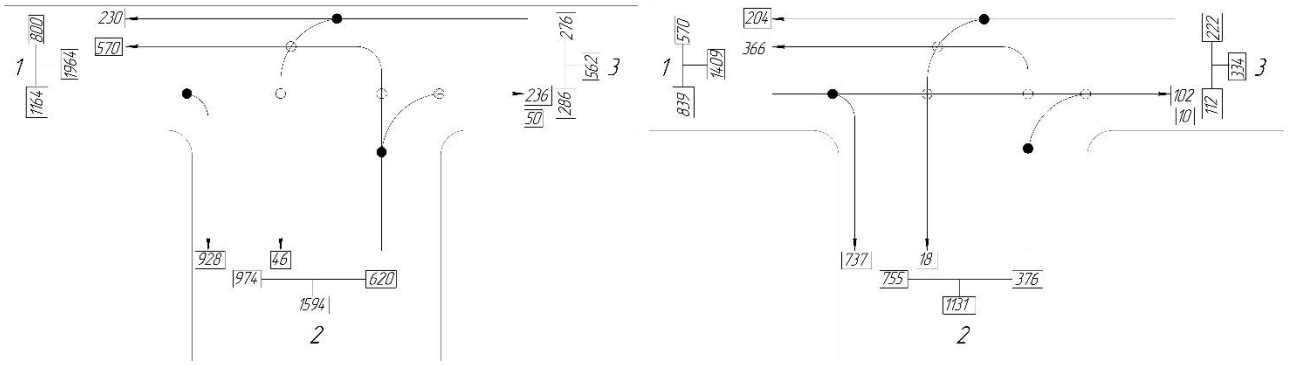



Рисунок 2 – Условные картограммы интенсивности движения транспортных потоков утром и вечером, авт/1ч

Существуют три типа маневров транспортных средств на перекрестках: пересечение, слияние и разветвление потоков. Исследования ДТП показали, что наибольшее их число происходит в так называемых конфликтных точках, т.е. а местах, где в одном уровне пересекаются траектории движения транспортных средств. [1] На картограмме (рис. 2) разветвление потоков условно обозначено черными точками, слияние - заштрихованными, а пересечение - прозрачными.

Таким образом, возникает возможность оценивать потенциальную опасность тех или иных участков улично – дорожной сети по числу конфликтных точек. Простейшая методика пятибалльной системы оценки узла исходит из того, что точка отклонения оценивается одним условным баллом, слияния – тремя и пересечения – пятью баллами. Сложность любого пересечения. [2]

Сложность пересечения улиц Георгия Колонды и Окружная оценивается двадцати одним баллом, следовательно, перекресток малой сложности, т.к. m < 40.

Расчеты, полученные по результатам видеофиксации, изображенные на картограмме (рис. 2) и гистограмме (рис. 3) на рассматриваемом участке дорожно – транспортной сети доказывают наличие неравномерности интенсивности движения транспортных потоков по направлениям.

Такая пространственная неравномерность транспортного потока во времени имеет важное значение в проблеме организации и безопасности движения.

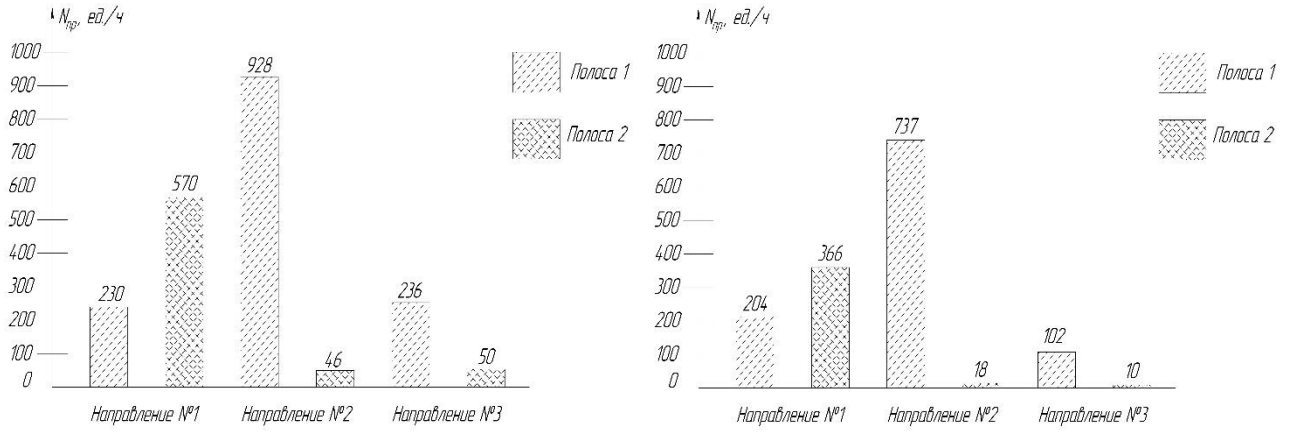



Рисунок 3 – Гистограмма неравномерности интенсивности движения транспортных потоков по направлениям утром и вечером

Для определения уровня обслуживания данного перекрестка, который будет отражать скорость движения, время поездки, свободу маневрирования, безопасность и удобство управления автомобилем используем такую характеристику транспортного потока как коэффициент загрузки проезжей части по направлениям: [1]

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_{npi}}{P_{\text{мп}}};$$

Коэффициент загрузки проезжей части утром в первом направлении равен 1,17, вечером 0,85, во втором направлении утром – 0,95, вечером – 0,68, в третьем в утренние часы – 0,34, в вечерние 0,20.

Для обеспечения бесперебойного и безопасного движения необходим резерв пропускной способности, учитывая, что при Z≥0,85 [3] на участке возникают заторы.

Таким образом, существующий регулируемый Т – образный трёхсторонний перекресток в направлении один и два движение очень сильно перегружено, вплоть до возникновения заторов. В направлении три движение свободное, беспрепятственное. Такие разные значения коэффициента загрузки определяют и разный уровень эксплуатационных условий по степени стесненности.

Пересечение улиц Георгия Колонды и ул. Окружная является не сложным, т.к. число конфликтных точек не велико и равно семи: три разветвления, три пересечения, одно слияние. Но понятие простое пересечение не синоним слова безопасное. Так, при наблюдении и сборе объективной информации о количестве машин нами были выявлены некоторые нарушения ПДД, а именно, при повороте по направлению $N_{12}$ (рис. 1) водители поворачивают не дожидаясь разрешающего сигнала светофора дополнительной секции, таким маневром подвергают опасности пешеходов, пересекающих улицу Георгия Колонды на разрешающий сигнал светофора. Также водители прибегают к нарушению ПДД и поворачивают по направлению $N_{21}$ (рис. 1) из правой полосы, которая предназначена для поворота в направлении $N_{23}$ (рис. 1), к такому запрещенному маневру прибегают по причине того, что в направлении три дорожные заторы отсутствуют и повернуть на улицу Окружную получается значительно быстрее. [4] Для фиксации в то же время правонарушений предлагаем установить камеру контроля перекрестка. Наше предложение поможет свести к минимуму нарушения ПДД, повысить безопасность дорожного движения на перекрестке.

Исследуемые характеристики транспортного потока в зависимости от цели позволяют решать многие задачи, к примеру, организация перевозок и движения локально. В данном случае необходимо введение светофорного регулирования фаз на перекрестке, но для окончательного решения необходимо дополнительно промоделировать в программе AnyLogic ситуации при существующей организации движения и представить модель «как будет» с пофазным разъездом транспортных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Организация движения: учеб.–метод. пособие / Н.С. Безотеческих, Я.А. Борщенко. – Курган: Изд-во КГУ, 2012. - 26 с.

2. ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ // Docs: Офиц. сайт. Режим доступа: https:// docs.cntd.ru / (дата обращения: 24.08.2022).

3. Организация и безопасность дорожного движения: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Н. Пугачѐв, А.Э. Горев, Е.М. Олещенко. - Москва: Издательский центр «Академия», 2009. - 272 стр.

4. Н. И. Соколов, О. А. Шаламова: Анализ транспортной ситуации на перекрестках г. Новосибирска // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта: Научно – теоретический журнал, 2019. – 165 - 168 стр.

УДК 691.55:666.9.002.238

# КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АДГЕЗИИ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК К РАЗЛИЧНЫМ КОМПОЗИТАМ

А.П. Пичугин, д-р техн. наук, профессор
В.Ф. Хританков, д-р техн. наук, профессор
А.В. Пчельников, канд. техн. наук
М.А. Пичугин, инженер
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье освещаются результаты испытаний полимерных пленок к цементному камню и способы повышения адгезии за счет обработки растворами наноразмерных добавок, что весьма важно для минеральных вяжущих с различными гладкими полимерными материалами, в т.ч., фибровой арматуре, при разработке и создании композиционных материалов. Разработанная установка позволяет с высокой степенью точности определять адгезию различных композитов путем устранения влияния подложки на структуру и свойства пленки, а также исключения процесса когезионного разрушения при испытаниях путем среза.

***Ключевые слова:*** адгезия, полиэтиленовая пленка, цементный камень, строительный раствор, строительные композиты

Известны способы определения адгезии покрытия к подложке по ряду авторских свидетельств и основаны на срезе полимерного покрытия с подложки, что приводит к неравномерности воспринимаемых усилий за счет уменьшения части срезанных контактов, а также получение когезионного характера вместо адгезионных срезов или требуют создания специальных условий для испытаний. В нашем случае была разработана установка, в которой определение адгезии отвержденного цементного раствора к полиэтиленовой пленке рашался следующим образом.

Предварительно нарезанные и пронумерованные полиэтиленовые заготовки длиной 100-120 мм, шириной 15-20 мм с вырезом в крайней части фиксированной площадки 10х10 мм погружались в цементное тесто или строительный раствор; после отверждения цементного раствора в течение заданного срока (1, 7, 14, 28 суток) в нормальных температурно-влажностных условиях, незакрепленные концы закреплялись в специальном зажимном устройстве, исключающим проскальзывание полиэтилена, и при помощи загружающего устройства выдёргивались под углом 90º к образцам из цементного массива (например, балочки или кубики), предварительно зафиксированных в крепежном устройстве; при этом удлинение полиэтиленового образца фиксировалось индикатором, а усилие сопротивления выдёргиванию из цементного массива устанавливалось по динамометру.

Новым является то, что данный способ является нетрудоемким и обеспечивает высокую точность испытания, а также не требует дополнительных сложных расчетов; изготовленные полиэтиленовые или другие полимерные материалы могут быть испытаны при определении адгезии не только цементного камня, но и других композиционных вяжущих. Кроме того, испытания можно проводить после обработки различными составами и компонентами, позволяющими влиять на адгезионные характеристики. Также очень важно, что процесс проведения испытаний составляет считанные минуты, что позволяет осуществлять повторные и сравнительные испытания.

Ниже на рисунке представлена схема установки и внешний вид изготовленной модели при испытаниях при определении адгезии цементного камня к полиэтиленовой пленке.

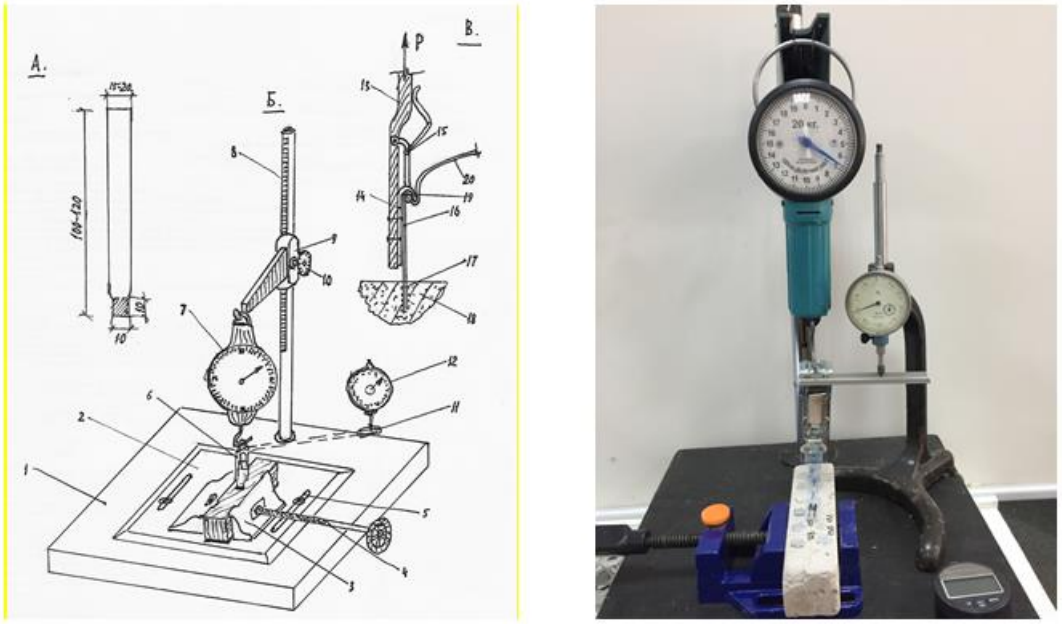



Рисунок 1. Схема установки для определения адгезии и фотография действующей модели при испытании

Порядок проведения испытаний состоит из следующих этапов:

1. заготовка предварительно вымытых и высушенных полиэтиленовых образцов-лент внарезку длиной 100-120 мм, шириной 15-20 мм с вырезом в крайней части фиксированной отогнутой под углом площадки 10х10 мм;
2. нумерация полиэтиленовых заготовок;
3. подготовка формы для строительного раствора или цементного теста для балочек размерами 40х40х160 мм или кубиков размерами 70,7х70,7х70,7 мм;
4. приготовление цементного теста или строительного раствора состава 1:3 (цемент : песок) по массе с водоцементным отношением В/Ц = 0,35-0,40;
5. помещение полиэтиленовых образцов в цементный раствор на глубину 10 мм с выдержкой расстояния между отдельными точками заделки не менее 25-30 мм друг от друга;
6. выдерживание цементного раствора в течение заданного срока (1, 7, 14, 28 суток) в нормальных температурно-влажностных условиях;
7. распалубка цементных балочек (кубиков) и установка их поочередно в фиксирующее устройство, позволяющее перемещать образцы по горизонтали до оси работы выдергивающего устройства;
8. закрепить незакрепленные концы полиэтиленовых образцов в зажимном устройстве и зафиксировать его с динамометром;
9. установить индикатор цифрового типа в направляющую зажимного устройства и отрегулировать его начальные показания с постановкой на «0»;
10. Равномерным прокручиванием рукоятки механизма нагружения обеспечить постепенно нарастающее усилие загружающего устройства до момента выдёргивания образца из цементного теста или цементного раствора, зафиксировав при этом величину усилий и размер деформации образца.
11. Адгезию цементного теста к полиэтиленовому образцу $A$ определяют по усилию сопротивления выдёргиванию по формуле

$$A = \frac{F}{B}$$

Где $F$ - усилие вырывания, МПа;

$B$ – площадь контакта полиэтилена с цементным тестом, см².

За значение адгезии цементного камня к полиэтилену принимают среднее арифметическое трех измерений, вычисленное с погрешностью 0,01 МПа.

Таким образом, представленная установка позволяет оперативно определять адгезионные параметры любых пленочных изделий с высокой степени точностью без лишних трудоемких расчетов. Кроме того, данная установка обеспечивает проведение качественных исследований по определению влияния различных наномодификаторов на адгезионные свойства пленочных защитных покрытий. Данная установка также защищена Патентом РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хританков В.Ф. Использование наноразмерных добавок в бетонах и строительных растворах для обеспечения адгезии при ремонтных работах/[Текст] В.Ф Хританков, А.П. Пичугин, О.Е.Смирнова, А.А.Шаталов / Наука о Земле. Ижевск, ИГТУ. – 2019. – С.131-140.

2. Пичугин А.П. Влияние наноразмерных добавок на адгезионную прочность защитных полимерных покрытий /[Текст] А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков, В.В.Банул, А.Ю.Кудряшов / Строительные материалы, 2018. №1-2. С.39-44.

УДК 541.6:691.327

## РАЗРАБОТКА ПРИБОРА И ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ

А.В. Пчельников, канд. техн. наук[1]
А.П. Пичугин, д-р техн. наук, профессор[1]
А.П. Илясов, ст. преподаватель[1]
И.В. Руссу, д-р. техн. наук, профессор[2]
*[1]Новосибирский Государственный Аграрный Университет*
*[2]Технический университет Молдовы*

***Аннотация.*** Разработана установка для проведения исследований по выявлению теплозащитных качеств полимерных лакокрасочных материалов с наноразмерными добавками, что для многих условий эксплуатации является важным свойством. Введение кремнеземистых и углеродных нанодобавок в сочетании с молотым асбестом позволяет получить эффективный состав лакокрасочной композиции обладающий высокой сопротивляемость к прохождению тепла через металлическую поверхность.

***Ключевые слова:*** тепловой поток, тепловая защита, металлическая поверхность, наноразмерные добавки, нанотрубки, кремнезоль, оксид висмута, лакокрасочные покрытия

Известно, что на строительной стали и технологическом оборудовании после воздействия повышенных температур на поверхности образуется характерная окраска, что объясняется возникновением тонких оксидных слоев. Цвет такого слоя зависит от температуры нагрева и толщины слоя оксидов. Так, при 220-230ºС толщина слоя может составлять около 0,04 мкм и иметь светло-желтый оттенок; а при повышении температуры цвет изменяется с желтого оранжевого до красно-фиолетового и синего. При этом толщина оксидного слоя может увеличиться почти в два раза. Повышенная температура металлических элементов с нагревом до 300ºС и более приводит к необратимым деформациям в виде искривления или прогиба, а после 550ºС конструкции или детали могут терять механическую прочность и обрушаться. Особо остро данный вопрос стоит при эксплуатации тонкостенных металлических элементов и конструкций при возникновении

фронта повышенных температур, что часто случается в условиях эксплуатации сельскохозяйственной техники и перерабатывающих предприятий.

С целью предотвращения нежелательных температурных деформаций металлические поверхности строительных конструкций и оборудования окрашивают лакокрасочными композициями с теплозащитным эффектом, однако стоимость таких составов превышает 1-3 тысячи рублей на м², что на практике экономически не всегда возможно реализовать. Поэтому нами выбран путь модифицирования акриловых лакокрасочных композиций наноразмерными добавками и создание теплозащитного экрана для обеспечения сохранных функций при окраске металлических поверхностей.

Разработано устройство - стенд для изучения теплотехнических характеристик защитных акриловых покрытий на металлических поверхностях, которое состоит из стойки 1, на которой закреплена струбцина 2, с установленным прибором для бесконтактного измерения температуры 3, для фиксации температуры в верхней части испытательного образца. С нижней части стойки, под прибором для бесконтактного измерения температуры 3 установлено нагревательное устройство 4, состоящее из основания с нагревательным элементом 5, теплоизолированной крышки 6 с площадкой 7, на которую фиксируется испытательный образец. В площадке 7, сбоку, установлен датчик температуры 8 для фиксации значения температуры нижней части испытательного образца.

Принцип работы стенда следующий. Испытательный образец устанавливают на площадку 7. Запускают нагревательное устройство 4, в момент запуска которого начинают фиксацию в зависимости от времени изменения температуры прибора для бесконтактного измерения температуры 3 и датчика температуры 8. По результатам испытания по разнице температуры перед образцом и после определяют теплопроводящую (теплозащитную) способность защитного покрытия образцов с различными нанодобавками.

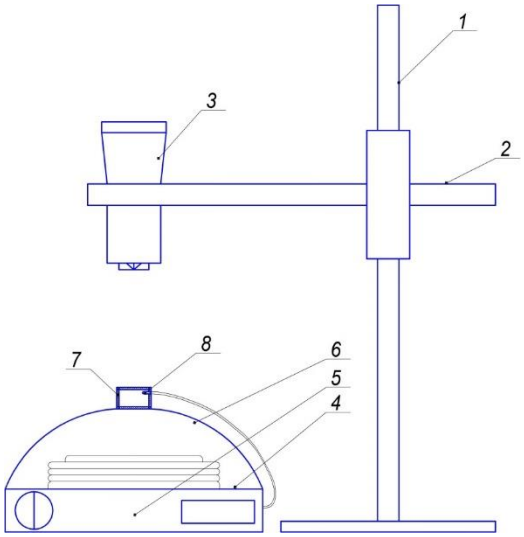



Рис.1. Схема стенда для определения теплозащитных характеристик лакокрасочных материалов с нанодобавками

В качестве материалов для исследования использовали лакокрасочный материал АК-1301, широко применяемый для техники и оборудования АПК. В качестве наномодификаторов применяли оксид висмута $Bi_2O_3$ отечественного производства, пасту с содержанием углеродных нанотрубок Matrix 203 фирмы OcSiAl, гидроксид магния, гидроксид алюминия, диоксид титана, диоксид кремния, оксид церия, оксид цинка, а также минеральные тонкомолотые порошки асбеста и алюмосиликатных микросфер.

Получены результаты исследований позволившие определять теплопроводящую способность у покрытий, модифицированных различными наноразмерными частицами. Установлена эффективность некоторых добавок, в т.ч. алюмосиликатных микросфер и

асбестовой муки по сравнению с покрытием без добавок. Высокая изолирующая способность покрытий модифицированных асбестом (5%) сохраняется при воздействии температур до 250 градусов, а у покрытий модифицированных алюминиевыми микросферами 1% после 120-130 градусов теплоизолирующая способность снижается до уровня покрытий без добавок. Отрицательным фактором данных рецептур явились повышенная вязкость композиций и, как следствие, возрастающая толщина и увеличенный расход при окрашивании.

Модификация акриловых композиций различными видами наноразмерных добавок (углеродные нанотрубки, гидроксид магния, диоксид кремния, диоксид титана, оксид церия и др.) показала, что оксид висмута и диоксид кремния при определенном содержании оказывают некоторое влияние на улучшение теплозащитных свойств покрытий. Варьирование различных сочетаний наноразмерных добавок в составе акриловых защитных композиций позволило установить ещё одну аномалию, дающую эффективную защиту при малых дозах дефицитных компонентов. Так, оказалось, что для составов бинарной добавки УНТ + $SiO_2$ при увеличении диоксида кремния с 0,5 до 1,0% интервал задержки температуры между термодатчиками достигает 66ºС (рис.2). Кроме того, при введении молотого асбеста этот интервал может доходить до 70ºС, одновременно увеличиваясь с повышением температуры.

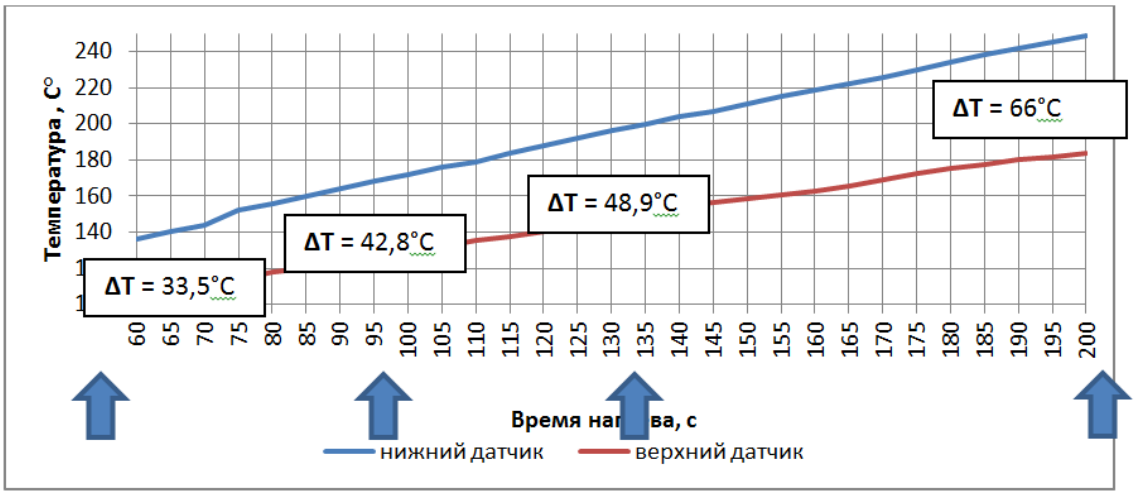



Рис.2. Влияние бинарной добавки УНТ 0,1% + $SiO_2$ 1,0%
на теплозащитные качества акрилового покрытия

Таким образом, разработанный стенд, на который получен Патент РФ, позволяет установить зависимость изменения теплофизических характеристик акриловых лакокрасочных покрытий от вида и количества вводимых нанодобавок. Показано, что введение мононанодобавок практически не улучшают качество ЛКМ по термостойкости покрытий. Отмечено положительное влияние диоксида висмута или диоксида кремния в сочетании с углеродными нанотрубками (УНТ) существенно повышает теплозащитные качества покрытий. Получены рецептуры защитных акриловых покрытий с бинарными наноразмерными добавками по интервалу задержки температуры достигающие 65-70ºС, соответствующие задержке прохождения теплового потока на 90-100 с. Таким образом, варьируя соотношением нанодобавок можно получить композицию, обладающую высокими теплофизическими характеристиками.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пичугин А.П. Защитно-отделочные составы и композиции для ремонтных работ и обеспечения долговечности зданий / А.П. Пичугин, В.Ф. Хританков, О.Е. Смирнова, Е.Г. Пименов, К.А. Никитенко // Известия вузов. Строительство. - 2019. - № 9. - С. 109-120.

2. Пчельников А.В. и др. Моделирование процесса и способы оценки горения защитных покрытий металлических конструкций и оборудования/ Известия ВУЗов. Строительство, 2020. - № 6. - С. 81-90.

УДК 691.4

# ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПАСТООБРАЗНЫМ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫМ СОСТАВАМ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

О.Е.Смирнова, канд. техн. наук, доцент[1]
А.П.Пичугин, доктор техн. наук., профессор[2]
В.Ф.Хританков, доктор техн. наук, профессор[2]
М.О.Батин, канд. техн. наук, доцент[1]
С.Е.Ткаченко, аспирант[1]
*[1]Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет*
*[2]Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** Предъявляемые к 3D-печати строительных конструкций и частей зданий строгие требования к формуемым пастам по параметрам прочности, деформативности, рецептурно-технологическим параметрам должны соблюдаться и соответствовать целому ряду специфических условий. Трудность заключается в том, что растворные и бетонные смеси на минеральных связках требуют дополнительного времени на затвердевание уложенного слоя, чтобы он мог воспринимать нагрузку от вышележащего слоя. Авторами разработаны рецепты строительной формуемой смеси для 3D-печати, обеспечивающие соблюдение указанных требований и не требующие отдельных специальных условий для производстваработ.

***Ключевые слова:*** 3D-печать строительных конструкций и частей зданий, формуемая масса, отходы и сырье растительного происхождения, отходы пенополистирола

Последние годы во многих странах мира стало широко внедряться в практику строительства 3D-печать зданий и сооружений. Компании разрабатывают устройства для 3D-печати, технологическую оснастку и варианты смесей для производства работ. Для стран, находящихся в южных широтах, где температурные перепады между зимними и летними температурами воздуха имеют незначительные колебания, большой проблемы к формированию смесей для 3D-печати не представляют особых проблем. Для нашей страны, где температурные перепады могут составлять до ста и более градусов возникают закономерные проблемы, связанные с тепловой защитой и деформационной устойчивостью ограждающих конструкций из 3D-печати [1-4].

Вне зависимости от условий эксплуатации будущих объектов к материалам для 3D-печати предъявляется целый ряд технологических и эксплуатационных требований, главными из которых являются следующие.

Технические характеристики формуемой массы должны иметь температуру плавления не более 175-180°С и температуру размягчения — +50°С; обладать достаточной твердостью (по Роквеллу — R70-R90); иметь относительное удлинение при разрыве — 3,3-3,8%; обладать высокой прочностью при сжатии — 3,5-5,0 МПа; невысокой плотностью в пределах — 1100-1250 кг/м$^3$ и малым влагопоглощением — 0,2-0,4%; не иметь усадки и регулировать коэффициент линейного (теплового) расширения в пределах $8.5*10^{-5}$ /°С.

Как видно из этих требований к формуемым массам не предъясляется никаких теплотехнических требований для работы в качестве ограждающих конструкций, что сдерживает внедрение прогрессивной технологии в практику строительства в России. На наш взгляд, теплотехнические требования должны предусматривать наличие у формуемой пасты в

затвердевшем состоянии коэффициента теплопроводности на уровне древесины, т.е. λ= 0,15-0,20 Вт/_м·К, что обеспечит приемлемые параметры толщины стенового ограждения.

Еще более строгие требования к формуемым пастам предъявляются по параметрам печати, которые должны соблюдаться соответствовать следующим условиям:

максимальная температура экструзии не должна быть выше 190-220°С; желательно предусмотреть возможность обдува отформованной массы после экструдера; формуемая масса должна обладать высокой адгезией, как к основанию, так и к предыдущему слою; кроме того, иметь возможность при орхлаждении быстро набирать прочность и мало деформироваться под действием нагрузки от последующих слоев.

в качестве положительных эффектов от 3d-печати могут быть получены следующие плюсы: ускорение процесса возведения зданий и сооружений с гарантированным качеством выполняемых работ; получение точного соответствия размеров напечатанного изделия, смоделированному или запректированному; обладает достаточной прочностью, надежностью и устойчивостью к воздействующим эксплуатационным факторам; позволяет осуществлять работы из различным некондиционных материалов и отходов производства, что способствует улучшению экологической обстановки на территориях вокруг городов и населенных пунктов.

Однако 3D-печать может иметь и отрицательные моменты, вызванные воздействием воздуха и ультрафиолета (особенно для полимерных материалов), так как любой натуральный материал со временем становится более хрупким, вследствие чего не рекомендуется для долговременного применения при больших физических нагрузках или использования без защитного покрытия на открытом воздухе. Кроме того, любые материалы обладают определенной степенью гигроскопичности (впитывание влаги из воздуха), что снижает их эксплуатационные характеристики. Рекомендуемые в настоящее время формовочные пасты имеют узкий температурный диапазон использования (-20 — +40°С), что не позволяет применять их в климатических условиях Сибири.

Авторами разработана технология получения формуемых масс для 3D-печати на основе отходов деревообработки и растительного сырья (опилки, станочная стружка, кора, солома, камыш, торф, костра льна и пр.) совместно с отходами пенополистирола. Получаемые образцы при испытании по стандартным методикам отвечали всем вышеуказанным требованиям по прочности и скорости её набора, деформативности, теплофизическим и эксплуатационным показателям. Получаемые при составы отвечают предъявляемым требованиям и позволяют вводить корректировку рецептуры на любом технологическом переделе. Такая технология существенно упрощает технологический процесс и способствует осуществлению экструдирования при комнатной температуре, обеспечивая быстрый набор прочности, что ускорению выполнение работ 3D-принтера без остановок и дополнительных агрегатов для обдувки отформованных элементов ограждений. Проведенные предварительные испытания показали устойчивость формуемой массы после экструдирования и нагружения нижних слоев вышеукладываемыми слоями без деформаций, а высокие показатели теплотехнических свойств могут обеспечить требуемую теплозащиту зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Warszawski A., Navon R. Implementation of robotics in building: Current status and future prospects. Journal of Construction Engineering and Management. 1998. No.124(1). Pp. 31-41.

2. Ibrahim M. I. M. Estimating the sustainability returns of recycling construction waste from building projects. Sustainable Cities and Society. 2016. No.23. C. 78-93. Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №1(52) Construction of Unique Buildings and Structures, 2017, №1(52)

3. Ватин Н.И., Чумадова Л.И., Гончаров И.С., Зыкова В.В., Карпеня А.Н., Ким А.А., Финашенков Е.А. 3D-печать в строительстве/Vatin N., Chumadova L., Goncharov I., Zykova V., Karpenya A., Kim A., Finashenkov E. 3D printing in construction ©

4. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении: Учебн. пособие. СПб.: СПбГУ, 2013. 221 с.

УДК 625.731.639.4

# МОДУЛИ ДЕФОРМАЦИИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

И.К. Язиков канд. техн. наук, доцент
Н.И. Зенкова, ст. преподаватель
*Новосибирский государственный аграрный университет*

***Аннотация.*** В статье предлагается порядок определения одним из способов определения деформации грунтов оснований зданий и сооружений, являющейся основанием прочности, устойчивости и долговечности сооружений. Грунты, как дисперсная система, не могут оцениваться в основаниях зданий и сооружений в пределах модуля упругости и требуют учета как упругих, так и пластических деформаций. Учет деформаций производится еще в зависимости от климатических и гидрологических условий, воздействия влажности грунта.

***Ключевые слова:*** модуль деформации, модуль упругости, удельная нагрузка, гидрологическая группа, увлажнение местности.

Прочность конструкции и отдельных ее частей состоящей из дисперсных частиц зависит от деформационных свойств горных пород и искусственных материалов, являющихся основаниями зданий и сооружений. Под действием нагрузки происходят деформации оснований зданий и сооружений. Оценку этих деформаций производят по модулю деформации как отдельных слоев, так и всего основания. Разработан метод научно-исследовательским институтом Союз ДОРНИИ.

Модуль деформации определяется по вдавливанию штампа, в результате которого происходит деформация основания.

$$E = \frac{P_1}{\lambda}$$

Где $P_1 = \frac{P}{F}$ - удельная статистическая нагрузка (кг/см$^2$, Н)

P – общая статистическая нагрузка (кг, Н)

F – площадь штампа, см$^2$.

$\lambda = \frac{l}{d}$ - относительная деформация.

Где l – общая деформация (осадка штампа, см)

d – диаметр штампа, см

Если сравнивать модуль деформации с модулем упругости, то в модуле деформации учитываются общая деформация и упругая и пластическая, а в модуле упругости только упругие деформации.

Примером определения прочности, как отдельных слоев конструкции из дисперсных систем является определение модуля деформации дорожной одежды автомобильной дороги, где деформации происходят от движения транспортных средств.

Для определения модуля деформации дорожной одежды, обеспечивающего нормативное сопротивление деформации покрытия, необходимы следующие исходные данные:

- состав движения;
- интенсивность движения;
- конструкция дорожной одежды;
- гидрологические условия;

Состав и интенсивность движения определяются учетом движения.

Учет движения проводится либо эксплуатационной организацией, либо изыскательскими организациями. При учете движения суммируется количество грузовых

машин по грузоподъемности и легкового транспорта за сутки в период избыточного увлажнения (осень, весна).

Расчетные удельные нагрузки от каждого типа машин, диаметры кругов, эквивалентные площади отпечатков шин и переводные коэффициенты для расчета приведенной интенсивности определяются по инструкциям научно-исследовательских институтов (ДОРНИИ).

Гидрологические условия определяются по отчетам изыскательских организаций для данной местности.

Гидрологические условия устанавливаются на основании оценки стока поверхностных вод и уровня нахождения грунтовых вод в соответствии с таблицей 1 «Климатические районы» и гидрологические грунты в соответствии с таблицей 2

*Таблица 1*

Климатические районы России

| № п/п | Название района | Границы района |
|---|---|---|
| 1 | Вечная мерзлота | Севернее линии Тайги – северная часть озера Байкал – Слюдянка – Чита – Николаевых |
| 2 | Избыточное увлажнение | К югу от 1 района до линии Минск – Москва – Нижний Новгород – Томск – Слюдянка – Биробиджан |
| 3 | Значительное увлажнение в отдельные периоды года | К югу от 2 района до линии Львов – южнее Киева – Орел – Самара –Уфа – Челябинск – Нижний Тагил и югу от линии Биробиджан |
| 4 | Умеренное увлажнение | К югу от 3 района до границ 5 района |
| 5 | Незначительное увлажнение | Восточнее линии Махач – Кала – Волгоград – Саратов и далее на Семипалатинск – Хилок - Чита |
| 6 | Незначительное увлажнение в условиях климата южно – русских степей | Полоса, шириной 100-150 км по северному побережью азовского и черного морей от г. Ростов – на Дону до г. Измаил и г. Крым |

*Таблица 2*

Гидрологические группы

| № п/п | Название гидрологической группы | Признаки, по которым определяется группа |
|---|---|---|
| 1 | Сухие места | 1. Рельеф обеспечивает сток поверхностных вод<br>2. Независимо от условий стока при наличии крупных песков, залегающих слоем не менее 1 м. |
| 2 | Сырые места с временным притоком воды | Рельеф не обеспечивает стока поверхностных вод, весной и осенью имеется верховодка |
| 3 | Сырые места с постоянным притоком воды | 1. Рельеф не обеспечивает стока поверхностных вод<br>2. Уровень грунтовых вод высокий |

Зная гидрологическую группу и климатическую зону, по рисункам (рисунок 1) находится расчетный модуль деформации того или другого вида грунта или материала. Пример такого определения приведен на графике.

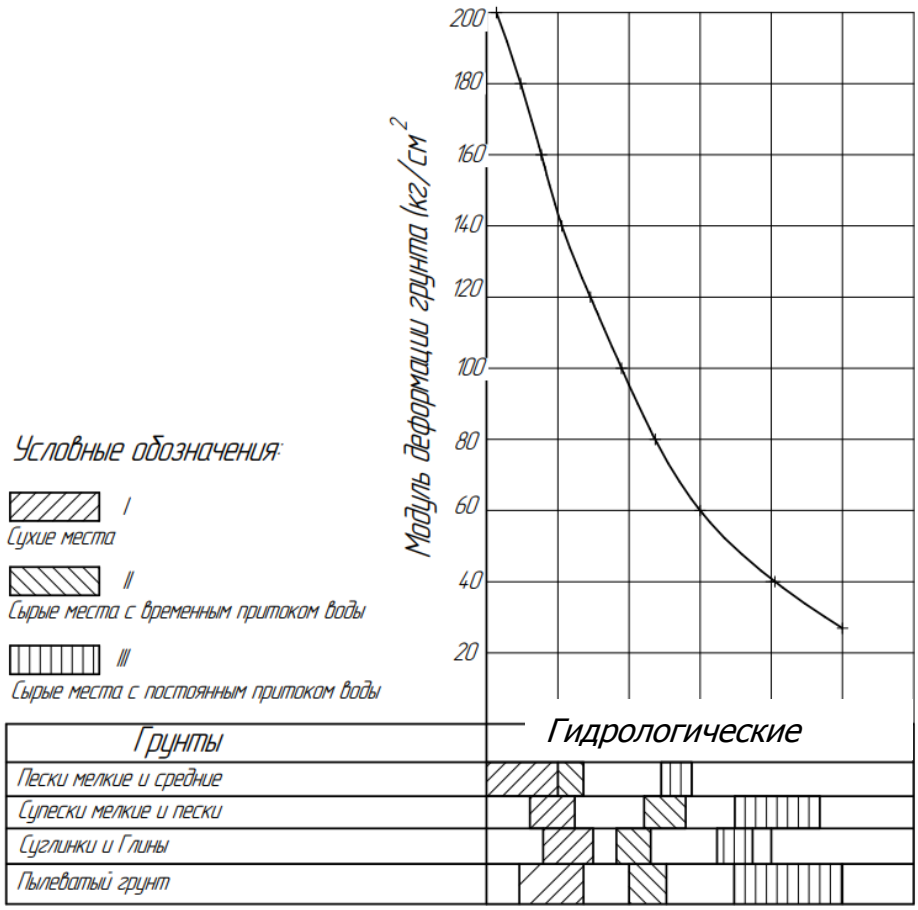



Рисунок 1 – График для определения модулей деформации во второй климатической зоне.

Конструкция дорожной одежды и основание из грунтов устанавливаются на месте при обследовании.

Полученные данные в результате работы как изыскательских партий, так и эксплуатационных организаций позволили получить модули деформации материалов отдельных слоев оснований так и конструкций всего основания приведены в таблице 3

*Таблица 3*

Модули деформации материалов

| № п/п | Наименование материалов | Расчетный модуль кг/см$^2$ |
|---|---|---|
| 1 | Щебеночный или гравийный асфальтобетон | 3000 |
| 2 | Песчаный асфальтобетон и холодный мелкозернистый асфальт | 2400 |
| 3 | Щебеночно – битумные смеси | 2200 |
| 4 | Щебеночный материал без вяжущего<br>Твердые породы<br>Породы пониженной прочности<br>Мягкие породы | <br>1200<br>900<br>700 |
| 5 | Крупнозернистые пески | 500 |
| 6 | Среднезернистые пески | 300-400 |
| 7 | Мелкозернистые пески | 250-300 |
| 8 | Глинистые и тяжелые суглинистые грунты | 400 |
| 9 | Пылеватые грунты | 300 |

Примечание: В случае применения для стабилизации грунта портлатцемента марки 400, расчетный модуль деформации составляет 1600 кг/см$^2$.

Заключение

В результате определения модуля деформации дисперсных систем в основаниях зданий и сооружений определяется возможность предвидеть и проанализировать осадку зданий и сооружений, как на стадии проектирования, так и при дальнейшей эксплуатации.

Изменение влажности грунтов, возможности их промерзания и дальнейшего оттаивания и воздействия климатических условий учитывается каждый раз этим способом пересчитать осадку и принять меры вплоть до изменения грунтового массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наука и техника в дорожной отрасли Журнал международный и научно-технический №4 – 2019 г.
2. Наука и техника в дорожной отрасли Журнал международный и научно-технический №2 – 2022 г.
3. Сильянов В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных работ и городских улиц: учебник для студ.высш.уч.заведений/В.В.Сильянов, Э.Р.Домке 3е изд. стер.- М.; Академия 2009 – 352 с.
4. Цитович Н.А. Механик грунтов. Учебник для вузов – М.: Высш.школа. 272 с.

## *Содержание*

## *Анализ и оценка уровня действующих технологий технического сервиса*

**Горюнов Н.Н., Пчельникова Е.М., Пчельников А.В., Ильиченко Л.В., Туляганов А.К.** Обеспечение химической стойкости защитных покрытий техники и оборудования АПК ..... 3

**Демкин А.С., Тихоновский В.В.** Использование смазки ПВК при постановке сельскохозяйственной техники на хранение ..... 6

**Ильиченков А.С., Зверев Ю.В., Танга П. Т.** Основные причины, затрудняющие пуск дизельных двигателей в условиях низких температур ..... 9

**Кикибаев Р.К., Коротких В.В.** Совершенствование механизма снабжения запасными частями в условиях АО «Маяк» ..... 13

**Ковальчук Н.С., Конореев Р.В.** Отказы двигателей внутреннего сгорания в зимний период эксплуатации транспортных средств, обусловленные конструкцией системы вентиляции картера ..... 17

**Леонтьев К.Э., Короткиз В.В.** Анализ технологий и оборудования для диагностики зерноуборочного комбайна Claas Lexion серии 6800 ..... 20

**Мазибуко П., Коротких В.В., Кравцов С.А., Камолтынов Н.Ю.** Особенности технической эксплуатации автомобильной техники в королевстве Свазиленд ..... 23

**Мальцев В.С., Пчельников А.В., Вилисов Д.В., Сулейманов Ж.Т., Туляганов А.К.** Анализ методов определения состояния защитных покрытий техники и оборудования АПК ..... 28

**Мордовин А.В., Конореев Р.В.** Исследование влияния пропускной способности воздушных фильтров системы питания современных двигателей внутреннего сгорания на их характеристики ..... 33

**Разумов А.С., Зенкова Н.И., Сучевич И.А.** Проблемы технического обслуживания технологического оборудования в России ..... 35

**Речкин С.В., Сухосыр А.В., Мамзин Н.В., Царев М.Д.** Перспективы развития гидростатической трансмиссии ..... 38

**Хрянин В.Н., Варавин Ю.Е., Вяткин И.В., Аптикашев Г.С.** Анализ способов подготовки поверхностей восстанавливаемых деталей для нанесения металлопокрытий ..... 41

**Шнитков Г.В., Вертей М.Л.** Влияние активаторов топлива «моторесурс» и «restart super» на эффективные показатели дизельного двигателя ..... 44

**Шнитков Г.В., Лашкевич А.А.** Оценка масляных фильтров двигателей внутреннего сгорания ..... 48

## *Прогноз в развитии технического сервиса: структура, информационное, материальное и кадровое обеспечение*

**Бут Г.П.** Аспекты формирования технологического реновационного моста «Беларусь - Сибирь, Дальний Восток – Минск, Новосибирск»..... 52

**Гуськов А.Ю., Пчельников А.В.** Формирование практических навыков как условие эффективной экспериментальной работы студента ..... 57

**Зенкова Н.И., Жигулин Т.А., Ермаков С.В.** Современные проблемы внедрения системы менеджмента качества серии ISO 9000 Российских предприятий..... 59

**Малышко А.А., Конореев Р.В.** Управление качеством услуг технического сервиса в современных условиях ..... 62

**Танькина Е.И., Федюнин П.И.** Деятельность компании СДЭК на рынке автомобильных перевозок..... 65

**Токарев В.А.** Профессионализм и компетентность выпускника военного вуза формируемые при изучении технических дисциплин ..... 67

## *Инновационные технологические решения в рамках задач технического сервиса: диагностика, техническое обслуживание, ремонт, восстановление, утилизация и рециклинг*

**Бабкин М.Н., Кисапов П.Ю., Христенко А.Г.** Диагностика и техническое обслуживание пульсатора доильного аппарата..... 71

**Зайналов З.К., Апаев М.Д., Пчельников А.В., Пичугин А.П., Туляганов А.К.** Определение состояния лакокрасочных покрытий по диэлектрическим характеристикам .... 74

**Иванов Л.М., Антоненко В.С., Коротких В.В., Плешаков В.П.** Совершенствование системы диагностики отказов в электроцепи автомобиля..... 78

**Корнеева В.К., Капцевич В.М., Закревский И.В.** Формирование ядра и концентрических зон при оценке моюще-диспергирующих свойств моторного масла ..... 82

**Нельзин А.С., Возженникова Т.В., Агафонова Е.В., Конореев Р.В.** Современные способы восстановления изношенных клапанов двигателя внутреннего сгорания ..... 88

**Неустроев В.В., Понизовский А.Ю., Попов М.А.** Применение холодного газодинамического напыления (ХГДН) при восстановлении цилиндрических поверхностей деталей машин изготовленных их медных сплавов ..... 91

**Понизовский А.Ю., Фишер Х.В.** Качественная оценка способа по разности расходов в сравнении с давлением конца сжатия..... 93

**Светличный С.В.** Диагностика асинхронного двигателя с помощью металлического шарика ..... 96

**Уско И.А., Долгушин А.А.** Электронное приложение для разработки технологических карт постановки на хранение сельскохозяйственной техники ..... 100

**Черненко А.Н., Дубина А.В., Пхенпхачан С.** Приспособление для выставки поддерживающего катка БМП-2 ..... 103

**Чубарева М.В.** Методика контроля потерь топливно-смазочных материалов при техническом обслуживании тракторов..... 107

**Шаповаленко Н.А., Агафонова Е.В., Возженникова Т.В., Конореев Р.В.** Современные технологии изготовления клапанов двигателей внутреннего сгорания ..... 113

**Шаякбаров И.Э., Пугин К.Г.** Минимизация влияния тупиковых узлов гидравлических систем на ресурс работы гидромашин и гидроаппаратуры ..... 116

## *Эффективное использование технологий и технических средств в промышленной и производственной деятельности*

**Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Стрига М.В.** Магнитно-абразивная обработка отрезных резцов для резки трубного проката ..... 121

**Анискович Г.И., Шевчук М.А.** Современные технологии и материалы, используемые для изготовления лемехов и долот плугов ..... 124

**Аравин И.Л.** Небольшой экскурс по изучение дисциплины «эксплуатация ВВТ» ..... 129

**Дерунов П.И., Кузнецов А.Ю.** Об установке частотно-регулируемых электроприводов для насосов водоснабжающих станций в сельской местности ..... 131

**Левин Э.Т., Леонов А.А.** 3D печать в машиностроении ..... 134

**Лисина А.Л., Исупов П.В., Рудый А.В., Болотов Д.С.** Анализ возможности применения ламп эквивалентных люминесцентной лампе при выполнении работ по ремонту и обслуживанию осветительных сетей перерабатывающих предприятий ..... 137

**Малышев С.С., Кузнецов А.Ю.** Применение программируемых средств для автоматизации процесса исследования асинхронного электродвигателя ..... 141

**Мамзин Н.В., Тихоновский В.В., Сухосыр А.В.** Перспективы использование методик для повышения поленого времени БПЛА ..... 144

**Микайлов В.Ю., Грика Е.А., Тихоновский В.В.** Сравнительный анализ параметров БПЛА для сельского хозяйства ..... 147

**Новиков Р.В., Леонов А.А.** Совершенствование конструкций колес мини-погрузчика в АПК ..... 150

**Панов Д.С., Леонов А.А.** Регенерация отработанных масел: технологии и перспективы развития ..... 154

**Сазыкина Н.С., Кузнецов А.Ю.** Развиваемый асинхронным электроприводом с АИН-ШИМ электромагнитный момент ..... 158

**Саночкин А.С., Свистула А.Е., Брякотин М.Э.** Расчет длины индивидуального настроенного впускного трубопровода системы газодинамического наддува двигателя 6ЧН13/14 ..... 162

**Семенов М.А., Семенова Т.В.** Особенности определения эффективности работы снегоуборочных машин типа СМ и ПСС ..... 164

**Семенов М.А., Семенова Т.В.** Создание алгоритма планирования процесса очистки путей от снега для повышения эффективности работы машин типа СМ и ПСС ..... 169

**Старцев А.А., Агафонов Д.С., Потянхин А.Н., Кондрашкин А.В.** Использование эксергетического метода при исследовании процесса воздухоснабжения дизельных двигателей с газотурбинным наддувом ..... 173

**Сурин Р.О., Кузнецов Е.Е., Щитов С.В.** Фронтальный прокалыватель-щелерез со стабилизатором колебаний ..... 177

**Сурин Р.О., Маршанин Е.В., Леонов В.В., Кузнецов Е.Е., Щитов С.В.** Обеспеченность средствами механизации предприятий – сельхозпроизводителей в Амурской области ..... 181

**Тарасенко В.Е., Жешко А.А., Мухля О.О.** Разработка диагностического стенда для работы с системами «насос-форсунка» и «насос-трубка-форсунка» ..... 186

**Тютиков С.А., Кулманаков С.П.** Улучшение показателей дизельных ДВС путем снижения пульсаций в линии низкого давления в топливной системе Common Rail ..... 192

**Фирстов А.В., Агафонова Е.В., Возженникова Т.В., Конореев Р.В.** Исследование отказов двигателей внутреннего сгорания вследствие явления детонации ..... 196

**Шлепаков С.Ю., Чутков К.А., Сухоруков Н.С.** Расчет статических характеристик дизельного двигателя В-92С2 ..... 200

## *Совершенствование технологий и средств механизации при производственной эксплуатации машин*

**Башняк С.Е., Лемешко М.А.** Совершенствование теплообменного процесса конденсаторов холодильных машин ..... 205

**Горбоносов Б.В., Матяш С.П.** Способы повышения мощности двигателя внутреннего сгорания по средствам нагнетания воздуха в камеру сгорания ..... 209

**Зеньков С.А., Дрюпин П.Ю., Герляин И.А., Ревин Д.В.** Эффективность использования гибкого нагревателя при борьбе с намерзанием грунта к рабочим органам машин ..... 211

**Иванников А.Б., Лукин Р.С.** Повышение эффективности работы гидросистемы трактора за счет использования бросовой теплоты ДВС ..... 216

**Иванов М.В., Речкин С.В., Сырбаков А.А.** Система тепловой подготовки дизельных двигателей к пуску при низких температурах ..... 221

**Колтышев К.Ю., Матяш С.П.** Улучшение пусковых качеств дизеля при эксплуатации в условиях низких температур ..... 224

**Колтышев К.Ю., Корольков А.А., Речкин С.В.** Способы регулирования глубины обработки почвы на современных тракторах ..... 227

**Матяш С.П.** Повышение эффективности пуска дизельных двигателей в условиях низких температур окружающего воздуха ..... 230

**Проскоков А.В., Асеинов Р.А.** Проектирование мотор-редуктора с циклоидальной передачей для приводной техники ..... 232

**Семенов М.А., Семенова Т.В.** Необходимость совершенствования организационного процесса очистки путей от снега машинами типа СМ и ПСС ..... 236

**Сидельников К.В., Матяш С.П., Сырбаков А.А.** Система подготовки дизеля к пуску при низких температурах ..... 240

**Учеватов В.А., Задворнов В.Г., Агафонов Д.С., Мельнико С.Б.** Разработка опорного катка гусеничной машины с пониженным коэффициентом сопротивления повороту ..... 244

**Чесноков Р.А., Пичугин А.П., Пивкина А.Д., Тамарова В.С., Ларина Д.А.** Конструирование установки для укрепления откосов транспортных сооружений минеральными вяжущими с нанодобавками ..... 247

**Яковлев Д.А., Анфимов В.В.** Секция для определения электропроводности почв на базе почвообрабатывающего агрегата ..... 249

## *Современные технологические линии и оборудование для переработки продукции АПК (эксплуатация, обслуживание и ремонт)*

**Блёскин С.С., Пшенов Е.А.** Циклонный аппарат в молочной промышленности ..... 254

**Евдокименко А.А., Мезенов А.А., Тихоновский В.В.** Автоматическая очистка магнитного сепаратора от магнитных примесей в зерноперерабатывающих предприятиях ..... 258

**Машкова Н.В., Пшенов Е.А.** Повышение эффективности работы пневматической молотковой дробилки ..... 261

**Слободскова А.А., Латышенок Н.М.** Особенности жизнедеятельности зерна в период хранения ..... 266

## *Безопасная эксплуатация технологических и транспортных машин и оборудования*

**Авдюшенко В.Ю.** О некоторых вопросах технического обеспечения подразделений и воинских частей войск национальной гвардии Российской Федерации ..... 271

**Алтухов С.В., Алтухова Т.А., Сухаева А.Р.** Особенности выпускной системы двигателя как основного источника энергии автотракторной техники и экология ..... 277

**Вилисов Д.В., Пчельников А.В.** Вопросы организации сопровождения воинских колонн экипажами ВАИ и ГИБДД в условиях образовательной среды военного вуза ..... 280

**Ворончихина А.С., Тихонкин И.В.** Совершенствование организации дорожного движения в зоне трамвайных остановок на перекрестке ул. Герьевская- ул. Ленинградская г. Новосибирск ..... 284

**Ворончихина А.С., Возженникова Т.В., Тихонкин И.В.** Согласованное светофорное регулирование дорожного движения на основных транспортных артериях г. Новосибирска ..... 289

**Грико Е.А., Ворончихина А.С., Тихнонкин И.В., Тихонкина А.И.** Остановочный павильон как базовый элемент транспортно-пересадочного пункта в системе маршрутного городского пассажирского транспорта ..... 295

**Дик Е.Н., Арсланбекова С.А., Зиянгирова С.Р.** Математическое обоснование некоторых условий эксплуатации агротехники ..... 300

**Ерёменко В.И., Гольцман А.П., Нестеров В.С.** Контроль отклонения от заданного значения суммарного люфта рулевого управления автомобиля командиром подразделения ..... 303

**Колесник Е.Д., Аблов А.С., Хаиров А.Р., Вилисов Д.А.** Сравнительная характеристика колесного и гусеничного движителя ..... 307

**Логинов И.А., Хрипко Д.М., Епишкин Т.А.** Колесо - величайшее изобретение человека! ... 311

**Николаев А.Д., Тихоновский В.В.** Результаты исследования по уплотняющему воздействию ходовой части транспортных средств на почву при выполнении технологических перевозок ..... 315

**Соколов Н.И., Шаламова О.А.** Безопасное движение транспортных потоков на перекрестках ..... 318

## *Инновационные технологические решения в проектировании и реконструкции предприятий технического сервиса*

**Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пчельников А.В., Пичугин М.А.** Конструирование установки для определения адгезии полимерных пленок к различным композитам ..... 322

**Пчельников А.В., Пичугин А.П., Илясов А.П., Руссу И.В.** Разработка прибора и изучение теплозащитных свойств полимерных композиций с наноразмерными добавками ..... 324

**Смирнова О.Е., Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Батин М.О., Ткаченко С.Е.** Формирование требований к пастообразным органоминеральным составам для 3D-печати ..... 327

**Язиков И.К., Зенкова Н.И.** Модули деформации дисперсных систем ..... 329

Научное издание

**СОСТОЯНИЕ И ИННОВАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ**

**Материалы XIV международной научно-практической конференции, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова**

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка: М.А. Попов

Гарнитура Times New Roman, Формат 60×84 1/8
Объем 21,1875 уч.-печ. л. 13,56 уч.-изд. л.

---

Отпечатано в издательстве НГАУ «Золотой колос»
630039, РФ, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, офис 106.
Тел. Факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru